
Geschreven door Renske Landman, s0039810, UT/IO, 2005.2, 27.06.2005

Universiteit Twente – IO
Faculteit der Construerende Technische Wetenschappen
Postbus 217
7500 AE Enschede
tel. (053) 4899111

Titel:
Tekenhoogte op beeldschermen

Ondertitel:
Een literatuuronderzoek naar bestaande richtlijnen en factoren en een experimenteel onderzoek naar de tekenhoogte

Commissieleden:
Prof. Ir. A.O. Eger
Dr. Ir. M.C. van der Voort
Ir. H.W.B. Mulder

UT – begeleider: Mascha van der Voort
Bedrijfsbegeleider: Erik Mulder

Oplage: 5
Totaal aantal bladzijden: 167
Aantal bladzijden verslag: 109
Aantal bijlagen: 12

Dit rapport is geschreven in het kader van de bacheloropdracht voor Industriële Ontwerpen

Voorwoord

Het verslag dat voor u ligt is geschreven voor de Bachelor-opdracht van Industrieel Ontwerpen. Met dit verslag hoop ik de Bachelor-opleiding van Industrieel ontwerpen goed af te ronden. De opdracht was het doen van een literatuuronderzoek naar de gehanteerde richtlijnen voor tekenhoogte en kijkafstand op beeldschermen en naar factoren die van invloed kunnen zijn op de leesbaarheid van tekens en, op basis van het literatuuronderzoek, het doen van een experimenteel onderzoek naar de tekenhoogte met verschillende factoren voor een TFT/LCD-scherm.

De opdracht werd gegeven door ErgoS, een ergonomisch ingenieursbedrijf dat zich voornamelijk richt op de procesindustrie. Zij vermoedden dat de genormeerde richtlijn niet (meer) voldeed en wilden dit graag onderzocht hebben, opdat ze hun klanten beter kunnen informeren.

Deze opdracht was leuk om te doen en ik heb er veel van geleerd: ik heb meer zicht gekregen op het opzetten van een experimenteel onderzoek en op welke dingen daarbij komen kijken. Ik heb me door deze opdracht verder kunnen verdiepen in de ergonomie, een vakgebied dat mij zeer boeit. Bovendien heb ik een tijdje in een bedrijf mogen meedraaien, waar ik veel van geleerd heb.

Ik vond het moeilijk om van te voren te bedenken wat je precies wil weten bij het experimentele onderzoek. Het was moeilijk om een goed overzicht te krijgen hoe bepaalde factoren van invloed zijn op de tekenhoogte of leesbaarheid. Ook het aantal factoren was een probleem. Er zijn nogal veel aspecten die invloed hebben op de leesbaarheid en het is moeilijk deze allemaal mee te nemen, constant te houden of weg te filteren.

Ik wil Mascha en Erik bedanken voor de steun die ze me hebben gegeven tijdens het doen van deze opdracht. Ze konden me weer op het juiste pad helpen, als ik door de bomen het bos niet meer zag. Verder wil ik alle proefpersonen die aan dit experiment hebben meegewerkt bedanken, want zonder hen waren er geen data te analyseren en geen conclusies te trekken.

ErgoSers bedankt voor jullie gastvrijheid en jullie steun. Ik vond het fijn om een aantal maanden mee te mogen draaien in jullie bedrijf en ik heb er veel van geleerd.

Ook mijn vader en moeder wil ik bedanken, namelijk voor het doornemen van dit verslag op spel- en grammaticafouten en de logica, die hopelijk in dit verslag terug te vinden is.

Als laatste wil ik mijn vriend bedanken voor de steun die hij mij tijdens deze opdracht heeft gegeven en het vertrouwen dat hij in mij had. Machiel, bedankt!

Ik wil de lezers van dit verslag veel genoegen wensen met het doorlezen ervan.

Samenvatting vooraf

Hoe groot moeten tekens zijn om ze prettig te kunnen lezen op een TFT/LCD-beeldscherm en welke factoren zijn hierbij van invloed? Dit is de vraag die centraal staat in dit onderzoek. De genormeerde richtlijn op dit moment houdt in dat de maximale kijkafstand 170 x hoofdletterhoogte moet zijn. Deze richtlijn staat al een tijd ter discussie, zeker nu de resoluties van de beeldschermen steeds hoger worden. Men vermoedt dat in veel gevallen kleinere tekenhoogtes voldoen.

Uit het literatuuronderzoek kwam naar voren dat de nu geldende richtlijnen nogal uiteen lopen en dat er, voor zover te achterhalen, vaak niet gebruik werd gemaakt van TFT/LCD-schermen of hogere resoluties voor het tot stand komen van deze richtlijnen. Het literatuuronderzoek is tevens gebruikt om te bepalen welke factoren belangrijk zijn om mee te nemen tijdens het experiment. De factoren die belangrijk bleken en uiteindelijk meegenomen zijn in het experiment zijn de gezichtsscherpte, kleur, cleartype en het lettertype. Op basis hiervan is er een onderzoeksopzet gemaakt voor een experiment.

De standaardtest was zwarte tekens in cleartype Verdana op een lichtgrijze achtergrond op 60 cm kijkafstand. De variabelen waren: 60 cm kijkafstand, 90 cm kijkafstand, 90 cm kijkafstand onder een horizontale hoek van 45°, zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond, roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond, witte tekens op een zwarte achtergrond, cleartype, geen cleartype, Arial en Verdana.

Er is gebleken, na het houden van het experiment, dat de gezichtsscherpte niet zo'n grote invloed had op de tekenhoogte als gedacht. Mogelijk zou de persoonlijke voorkeur dit verband kunnen vertroebelen. Hiervoor is een aanvullend onderzoek nodig.

Uit het experiment kwam ook naar voren dat de ruimte tussen de tekens erg belangrijk is voor de leesbaarheid ervan. Misschien hadden mensen kleinere tekens nog wel prettig leesbaar gevonden als de ruimte tussen de tekens groot genoeg was. Omdat dit niet het onderwerp van het experiment was, moet er een nieuw experiment worden gehouden wil men hier een betere uitspraak over doen.

Verder is gebleken dat de tekens in Arial groter afgebeeld moet worden dan de tekens in Verdana om prettig leesbaar te zijn.

Het gebruik van cleartype of geen cleartype bleek weinig invloed te hebben op de tekenhoogte, hoewel men tekens met cleartype prettiger vond lezen. Wanneer men meer hierover wil weten, is het verstandig een vervolgonderzoek te doen.

De uitkomsten van de factor kleur zijn nog wat onzeker. Voor tekens in het wit op een zwarte achtergrond is een grotere tekenhoogte prettiger. Voor roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond werd er, tegen de verwachtingen in, geen verschil opgemerkt. Doordat de steekproefgrootte van dit experiment niet erg groot is, is hier geen duidelijke uitspraak over te doen. Wanneer men meer over kleur en de invloed op de

tekenhoogte wil weten, is een vervollexperiment noodzakelijk

Bij het vergroten van de kijafstand van 60 cm tot een kijafstand van 90 cm is gebleken dat de tekens op 90 cm kijafstand in verhouding kleiner afgebeeld kunnen worden dan die op 60 cm kijafstand. Hiermee komt de lineariteit die de genormeerde richtlijn suggereert ter discussie te staan. Een eventuele verklaring van dit verschil zou kunnen zijn dat de pixels kleiner worden waargenomen op een grotere kijafstand en het daardoor lijkt alsof de resolutie omhoog gaat. Wanneer de resolutie omhoog gaat, worden de tekens natuurlijker weergegeven en kunnen ze kleiner worden afgebeeld om nog prettig leesbaar te zijn.

De gemiddelden zijn ook getoetst aan de genormeerde richtlijn en daaruit bleek dat de gemiddelde tekenhoogtes lager lagen dan de voorgeschreven tekenhoogtes. Dit zou betekenen dat de genormeerde richtlijn erg ruim is gesteld voor de meeste beeldschermgebruikers. Omdat het vermoeden bestaat dat de persoonlijke voorkeur een rol speelt in het vaststellen van de tekenhoogte en omdat de steekproef omvang voor een eventuele nieuwe richtlijn niet erg groot was, is het nuttig om een vervolgonderzoek te gaan doen, wil men een zekere uitspraak kunnen doen over de precieze hoogte van de tekens.

Tijdens het verwerken van de gegevens bleek dat de cijfers een grotere prettig leesbare hoogte hebben dan de (onderkast) letters. De prettig leesbare hoogte van de hoofdletters was in dit experiment gelijk aan die van de cijfers. Waardoor dit verschil optreedt, is niet geheel duidelijk. Hiervoor is een vervollexperiment van belang.

Inhoudsopgave

	blz.
Voorwoord	2
Samenvatting vooraf	3
Inhoudsopgave	5
Inleiding	9
Literatuuronderzoek	
Inleiding	11
Leesbaarheid	12
Factoren van leesbaarheid – definities	13
Stand van het scherm	13
Horizontale kijkhoek	14
Gezichtsscherpte	15
Luminantie	17
Contrast	17
Illuminantie in de omgeving	17
Beeldschermresolutie	17
Lettertype	17
Reflectie	19
Het soort display	19
Grootte van het display	21
Kleur	21
Scherpte	21
Andere definities	21
Opvattingen over tekenhoogte	23
Overzicht gevonden richtlijnen	24
Overzicht richtlijnen	24
Overzicht richtlijnen andere technieken van weergave	27
Conclusies	28
Factoren	28
Inventarisatie richtlijnen	29
Andere technieken van weergave	29

Aanbevelingen	30
Experimenteel onderzoek	30
Rompletters	30
Onderzoeksopzet	
Inleiding	32
Doelstelling	32
Onderzoeksvragen	33
Toetsing en hypothesen	35
Relatie tussen visus en tekenhoogte	35
Relatie tussen tekenhoogte en factoren	35
60 cm kijkafstand vs. 90 cm kijkafstand	37
Toetsing aan de genormeerde richtlijn	38
Hoogte van cijfers vs. hoogte van letters	38
Onafhankelijke variabelen	39
Kijkafstand	39
Tekenhoogte	39
Lettertype	39
Resolutie TFT/LCD-scherm	40
Kleur	40
Horizontale kijkhoek	41
Afhankelijke variabelen	42
Leessnelheid	42
Gedrag van de proefpersoon	43
Mening van de proefpersoon	43
Omgevingsvariabelen	44
Omgevingsverlichting	44
Beeldscherm luminantie	44
Contrast	44
Onderzoeksstrategie	45
Verzameling van data	45
Onderzoeksofstelling	47
Procedure	52
Vorbereiding	52
Experimenten	53

Onderzoekspopulatie en steekproefgrootte	55
Resultaten	
Inleiding	57
Algemene gegevens	59
Omgevingsvariabelen	59
Gegevens van de proefpersonen	59
Relatie tussen visus en tekenhoogte	61
Inleiding	61
Testresultaten	62
Samenvatting	70
Relatie tussen tekenhoogte en factoren	71
Inleiding	71
Testresultaten	72
Samenvatting	77
60 cm kijkafstand vs. 90 cm kijkafstand	79
Inleiding	79
Testresultaten	79
Samenvatting	82
Toetsing aan de genormeerde richtlijn	83
Inleiding	83
Testresultaten	84
Samenvatting	90
Hoogte van cijfers vs. hoogte van letters	91
Inleiding	91
Testresultaten	91
Samenvatting	94
Opvallende puntjes	95
Conclusie	
Conclusies	97
Relatie tussen visus en tekenhoogte	97
Relatie tussen tekenhoogte en factoren	97
60 cm kijkafstand vs. 90 cm kijkafstand	98
Toetsing aan de genormeerde richtlijn	99

Hoogte van cijfers vs. hoogte van letters	99
Discussie	100
Aanbevelingen	103
Literatuurlijst	106
Bijlagen	
Bijlage 1: Definities	111
Bijlage 2: Factoren van leesbaarheid – gevonden richtlijnen	113
Bijlage 3: Inventarisatie gevonden richtlijnen	117
Bijlage 4: Aanbevelingen onderzoek volgens ISO	128
Bijlage 5: Invulformulier	130
Bijlage 6: Foto's van de opstelling	133
Bijlage 7: Iiyama ProLite E341S	136
Bijlage 8: Tabel met de hoogte van e en 8	139
Bijlage 9: Gegevenstabel gesorteerd op visus	142
Bijlage 10: Tekenhoogtes en factoren	147
Bijlage 11: Tabel voor de tekentoets	157
Bijlage 12: Toetsing aan normale verdeling	159

Inleiding

Het is vervelend als de letters te klein zijn om te lezen.

Maar het is net zo vervelend als de letters te groot zijn.

Bovendien kan er op een beeldscherm meer informatie worden weergegeven wanneer de tekens niet zo groot zijn.

Voor ErgoS is vooral van belang: hoe groot moeten de tekens zijn zodat de gebruiker ze nog prettig kan lezen en zodat de optimale hoeveelheid informatie kan worden getoond.

Volgens ErgoS is uit de praktijk gebleken dat de richtlijnen voor tekenhoogte, gesteld door bijvoorbeeld de ISO-norm, te groot zijn. Dit zou kunnen komen door het gebruik van TFT/LCD-schermen en hogere resoluties.

De vraag hoe groot tekens op een beeldscherm afgebeeld moeten worden en welke invloed bepaalde factoren hebben staat centraal in dit onderzoek.

Literatuuronderzoek

Inleiding

Er is al jaren discussie geweest over de normen voor de tekenhoogte. Er bestaan zeer veel verschillende gehanteerde richtlijnen die niet of nauwelijks onderbouwd worden door gegrond onderzoek.

In 1980 maakt Gorrell al melding van een groot verschil in de uitkomsten van verschillende studies naar richtlijnen voor de tekenhoogte. Sommige studies maken melding van 12 – 15 boogminuten voor de tekenhoogte, andere studies hebben het over 21 – 26 boogminuten. Ook merkt Gorrell (1980) op dat verschillende beeldschermtechnologieën verschillende specificaties voor tekenhoogte vereisen, omdat de teken-generatie-techniek technologieafhankelijk is.

Dit is nu precies waarom er tegenwoordig extra aandacht is voor de discussie over tekenhoogte. Er worden zeer veel TFT/LCD-schermen gebruikt op werkplekken; ze zijn zuiniger en nemen vooral weinig plaats in op het bureau.

Deze TFT/LCD-schermen hebben een andere techniek van tekens, symbolen en plaatjes weergeven dan de oude CRT-beeldschermen. Een groot verschil zit in de resolutie. TFT/LCD-schermen hebben een vaste en door nieuwe ontwikkelingen hogere resolutie. De resolutie van de oude CRT-beeldschermen is lager en instelbaar door de gebruiker, zonder veel verlies van scherpste.

Met deze verandering zou de bestaande norm voor de tekenhoogte (de maximale kijkafstand is 170 x hoofdletterhoogte), die al ter discussie stond, nog meer ter discussie staan.

Doordat een TFT/LCD-scherm een hogere resolutie heeft dan de vroegere CRT-beeldschermen zou het kunnen zijn dat tekens scherper worden afgebeeld en men daardoor van grotere afstand de tekens nog zou kunnen lezen.

Om er achter te komen of er al eerder onderzoek naar tekenhoogte is gedaan eventueel in combinatie met TFT/LCD-schermen is er dit literatuuronderzoek gedaan. Tevens is er gekeken naar de factoren die van belang zijn voor onderzoek naar de tekenhoogte/kijkafstand.

Leesbaarheid

De tekengrootte is zeer belangrijk voor de leesbaarheid. Wanneer de tekens te klein zijn, zal het moeilijk zijn om deze tekens waar te nemen en te begrijpen. De maximale grootte van tekens wordt begrensd door het foveale veld. Buiten dit veld kan men minder scherp zien.

Maar er zijn nog andere factoren die de leesbaarheid beïnvloeden. Bij een onderzoek naar de tekenhoogte dienen de andere factoren meegenomen te worden om tot een goede conclusie te komen. Wanneer er een richtlijn is gesteld door een onderzoeker die geen rekening heeft gehouden met het licht en voornamelijk in de schemer zijn onderzoeksresultaten heeft verkregen, zal de richtlijn zeer waarschijnlijk niet kloppen met de werkelijkheid. Alle werkplekken horen immers goed verlicht te zijn.

De hoofdregel voor een goede leesbaarheid van tekens is volgens Bouma in 'Oog en werk' dat het contrast van donkere letters op een lichte achtergrond goed moet zijn. Bovendien speelt woordherkenning een grote rol in de optimale tekengrootte (Goudy, 1977).

Goudy (1977) zegt dat de leesbaarheid van (gedrukte) tekens afhankelijk is van 3 dingen:

- er mogen geen onnodige delen in de tekens zitten (dus liefst schreefloos)
- er moet een goed contrast zijn (gemarkeerd door verschillen in dikte van de lijnen)
- elk deel van het teken moet een goede waarde en goede relatie tot andere delen hebben

In 'Ergonomic Principles in Office Automation' geschreven door Knave (1983) wordt een artikel van Schmidtke (1980) vermeld die zegt dat de tekenhoogte afhankelijk is van:

- 1) de kijkafstand
- 2) het luminantiecontrast tussen het teken en de achtergrond
- 3) de symboolluminantie onder normale gemiddelde illuminantie van de omgeving
- 4) de gezichtsscherpte van de gebruiker.

Cakir zegt in 'Visual Display Terminals' dat de fijnheid van het detail verbeterd wordt door een verhoogde resolutie van een dot matrix. Door de fijne matrix kan er een natuurlijker beeld worden gepresenteerd aan de kijker. Vaak wordt de 5 x 7 matrix gezien als de minimale resolutie voor tekenonderscheid.

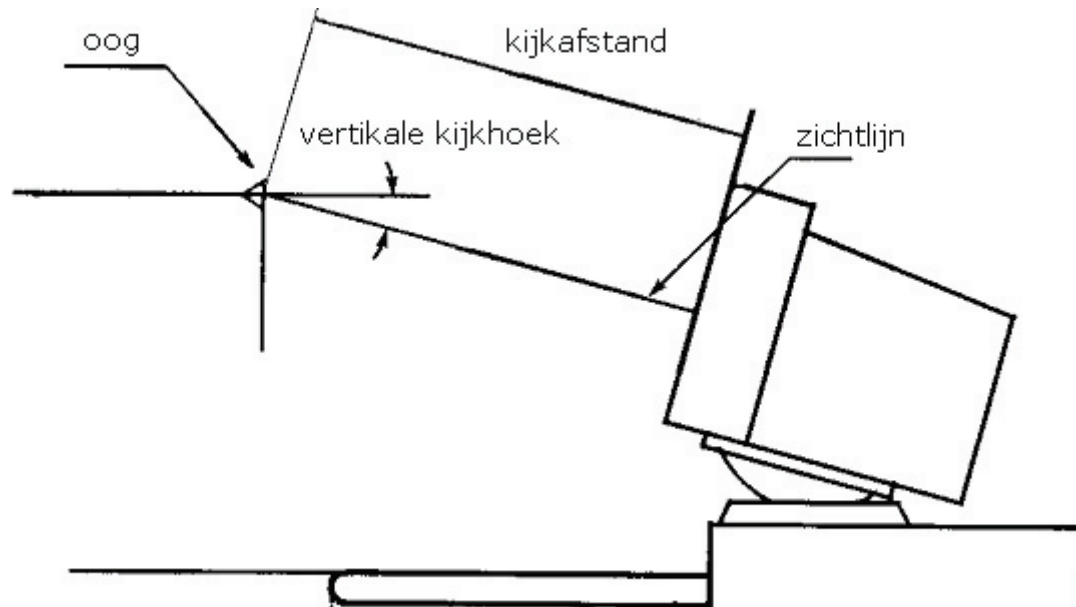
Verder zegt hij nog dat het optimum van de tekengrootte voor een bepaalde resolutie ook afhangt van de brightness van de tekens.

Factoren van leesbaarheid - definities

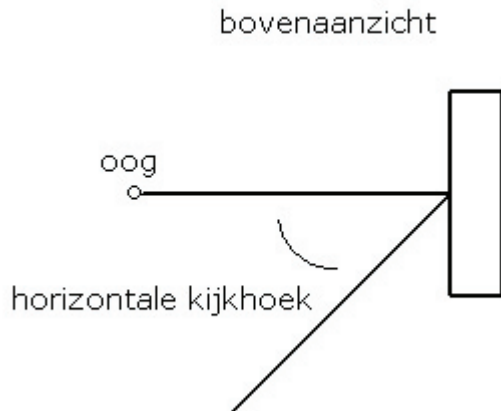
Er zijn een aantal factoren van belang voor de leesbaarheid van tekens. Wanneer er een experimenteel onderzoek gehouden zal worden, is het belangrijk deze factoren mee te nemen. Hieronder volgen factoren die van belang zijn voor de leesbaarheid en voor het onderzoek naar de tekenhoogte. In bijlage 2 staan de gevonden richtlijnen voor enkele factoren die van invloed zijn op de tekenhoogte en de leesbaarheid.

Stand van het scherm

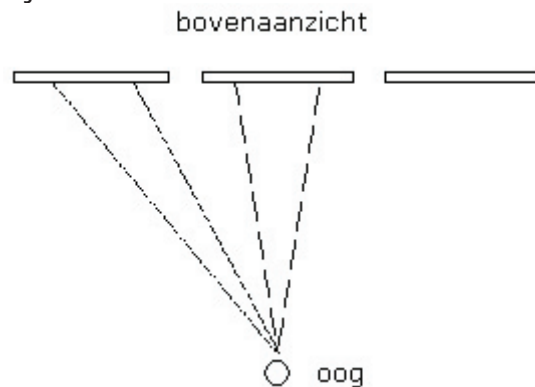
De stand van het scherm is van grote invloed op de tekenhoogte. Wanneer het display loodrecht op de zichtlijn staat, neemt men de volledige tekenhoogte waar. Wanneer de hoek tussen de zichtlijn en het beeldschermvlak niet loodrecht is, zal er een kleinere tekenhoogte worden waargenomen.



Horizontale kijkhoek



De horizontale kijkhoek is ook van belang bij de leesbaarheid van de tekens. In de procesindustrie heeft men vaak meerdere beeldschermen voor zich die in de gaten gehouden moeten worden. Doordat er meerdere beeldschermen naast elkaar staan wordt de horizontale kijkhoek ook anders. De gebruiker zit dan scheef voor het beeldscherm dat niet recht voor zich staat. Omdat de zichtlijn niet loodrecht op het beeld valt, zullen de tekens in de breedte kleiner worden waargenomen. Dit heeft waarschijnlijk als gevolg dat de tekens groter moeten worden afgebeeld, zodat de tekens in de breedte (en in de hoogte) goed leesbaar zijn.



Gezichtsscherpte

De gezichtsscherpte (=visus) is een belangrijke factor bij het waarnemen van tekens en dus ook bij het ontwerpen van de richtlijn voor de tekenhoogte.

Het oog accommodeert 15.000 tot 20.000 keer per dag en wanneer men ouder wordt, wordt het accommoderen steeds moeilijker. Een oplossing zou zijn om verder van het beeldscherm af te gaan zitten (het oog hoeft dan minder scherp te accommoderen), maar dan moeten de tekens wel groter worden, anders zijn ze te klein om ze goed en comfortabel waar te nemen.

De gezichtsscherpte kan worden gemeten aan de hand van een letterkaart (Snellen's letterkaart) of een ringenkaart (Landolts ringenkaart). Bij een visus van minder dan 1 wordt er doorgaans aangeraden om het oog te corrigeren.

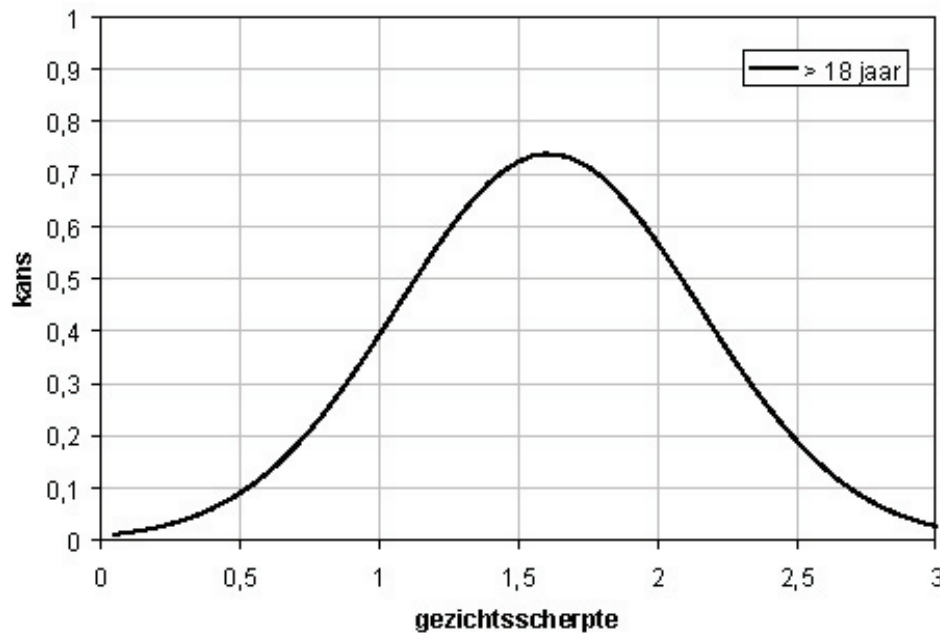
Volgens Voskamp (1996) heeft ruim 70% van de bevolking een gezichtsscherpte die beter is dan 1 en heeft 95% van de bevolking een gezichtsscherpte van tenminste 0,5.

Voskamp verwijst echter naar het boek 'Oog en werk' van J.J. Vos en in dit boek staat dat men volgens G.H. Jonkers 10% van de bevolking uitsluit wanneer er als ondergrens geldt visus 0,5.

Deze gegevens zijn gebaseerd op alle leeftijdsgroepen van de gehele bevolking. Het uitsluiten van 5% bij visus 0,5 door Voskamp zou gebaseerd kunnen zijn op de werkende bevolking.

De NEN 3087 (1997) zegt dat ruim 70% van de bevolking een gezichtsscherpte heeft van visus 1 of meer en ongeveer 95% van de bevolking een gezichtsscherpte heeft van visus 0,5 of meer.

TNO heeft in 1980 een onderzoek gedaan naar de leesbaarheidsproblemen bij de NS uitgevoerd door J. Walraven en N.H. Blokland. Door dit onderzoek heeft TNO een visusverdeling van de Nederlandse bevolking verkregen. Voor de leeftijdscategorie van 18 tot 65 jaar hebben zij een gemiddelde visus van 1,61 gevonden met een standaardafwijking van 0,54. Deze proef is gehouden met een Landolt ringenkaart.



98% van de bevolking een visus heeft $\geq 0,5$
 95% van de bevolking een visus heeft $\geq 0,7$
 93% van de bevolking een visus heeft $\geq 0,8$

Uit een Europees onderzoek onder automobilisten in januari 2005 ('Relevance of glare sensitivity and impairment of visual function among European drivers' door T.J.T.P. van den Berg en L.J. van Rijn) is gebleken dat 93% van deze proefpersonen een visus heeft $\geq 0,8$.

De gegevens zijn verwerkt in de volgende tabel:

Best gecorrigeerde gezichtsscherpte voor het slechtste oog

Leeftijdscategorie	20 - 30	45-54	55 - 64	Totaal
Aantal personen	211	652	668	1531
Minder dan visus 0,5	2,4 % 5 personen	2,6 % 17 personen	3,9 % 26 personen	3,1 % 48 personen
Visus 0,5 - 0,8	2,9 % 6 personen	2,8 % 18 personen	5,8 % 39 personen	4,1 % 63 personen
Meer dan visus 0,8	94,7 % 200 personen	94,6 % 617 personen	90,3 % 603 personen	92,7 % 1420 personen

Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de leeftijdscategorie 30 – 45 niet is meegenomen. Nu is wel te zien dat er weinig verschil is tussen de leeftijdscategorie 20-30 jaar en 45-54 jaar, dus kan er min of meer vanuit worden gegaan dat dezelfde gegevens ook gelden voor de categorie 30 – 45 jaar.

Luminantie

Luminantie is een maat van de hoeveelheid licht die van een oppervlak komt of gereflecteerd wordt door een object. Luminantie heeft als definitie: Een van richting afhankelijke grootte, die gedefinieerd is als het quotiënt van de lichtstroom uitgezonden door een oppervlakte-elementje in een ruimtehoek en het product van die ruimtehoek en de oppervlakte van de projectie van dat oppervlakte-elementje op een vlak loodrecht op de gekozen richting (NEN 3002, 1987). De eenheid is in cd/m².

Contrast

Het contrast is het verschil tussen de luminantie van het doel en de achtergrond. Het contrast kan worden uitgedrukt in een ratio (Ministry of Defence, 1996):

Contrast Ratio (C_R) = $L_{\max} / L_{\min}$
(de luminantie van het doel / luminantie van de achtergrond)
Flat Panel Displays kunnen een zeer hoog contrast bereiken.

Illuminantie in de omgeving

Deze factor bepaalt de hoeveelheid van licht die valt op het display en is daarom bepalend voor reflecties. Het bepaalt mede het display-omgeving contrast (Spenkelink, 1994).

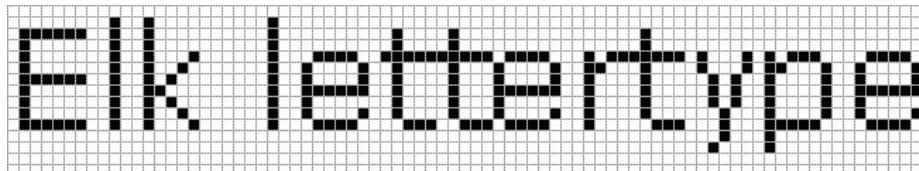
Wanneer de omgeving op verkeerde wijze verlicht is, zal het lezen van letters moeilijker worden. De verlichting van de omgeving is daarom mede bepalend voor de leesbaarheid.

Beeldschermresolutie

De beeldschermresolutie is het aantal pixels dat door een beeldscherm weergegeven kan worden, vaak aangeduid in horizontale en verticale aantallen (bijvoorbeeld 800 x 600) (Akara webdiensten, 2005). De beeldschermresolutie ligt bij TFT/LCD-schermen vast en bij CRT-beeldschermen is de resolutie instelbaar.

Lettertype

Elk lettertype wordt afgebeeld in een dotmatrix met vaste hoogte. Deze blokken zijn vaak 9*11 tot 12*16 groot. De matrix bevat de tekens, maar ook de lege ruimte, waardoor de ruimte tussen de tekens (= character spacing) en de ruimte tussen de regels (= line spacing) bepaald wordt (Spenkelink, 1994).



Het lettertype is een zeer belangrijke factor in het onderzoek naar tekenhoogte. Lettertypen met schreven worden vaak beschouwd als minder leesbaar en zullen ook een grotere tekenhoogte nodig hebben voor de leesbaarheid. Maar ook de breedte van het teken, de ruimte tussen de tekens en de ruimte tussen de woorden zijn van belang, evenals de stokdikte.

Ruimte tussen de tekens

De ruimte tussen de tekens (character spacing) is de afstand tussen de horizontaal aangrenzende tekens gemeten van de rechterkant van een letter in een woord tot de linkerkant van de daaropvolgende letter (ISO 9241, 1992; NEN 3002 1987).

In een 'fixed-width font' neemt elk teken evenveel horizontale ruimte in, terwijl in een 'Proportionally spaced font' verschillende letters een verschillende hoeveelheid horizontale ruimte innemen (Mansfield, 1996).

Ruimte tussen de woorden

De ruimte tussen de woorden (word spacing) is de horizontale ruimte tussen aangrenzende woorden gemeten van de rechterkant van de laatste letter van een woord tot de linkerkant van de eerste letter van het daaropvolgende woord (ISO 9241, 1992; NEN 3002, 1987).

Ruimte tussen de regels

De ruimte tussen de regels (line spacing) is de afstand tussen de verticaal aangrenzende tekens gemeten van de staarten van de kleine letters tot de bovenkant van de hoofdletters (zonder accent) op de volgende regel (ISO 9241, 1992; NEN 3002, 1987).

Stokdikte

De stokdikte (= stroke width) is de rand-tot-rand afstand van een characterstroke (ISO 9241, 1992).

De NEN (1987) geeft als definitie van de stokdikte de breedte van de verticale letteronderdelen.

Tekenhoogte / Tekenbreedte

De tekenbreedte is de horizontale afstand tussen de randen op het breedste deel van een hoofdletter (ISO 9241, 1992; NEN 3002, 1987).

De hoogte/breedte ratio is de verhouding van de tekenhoogte tot de tekenbreedte (NEN 3002, 1987).

Reflectie

Als er licht valt op een beeldscherm, zal er ook reflectie optreden. Dit is bij TFT/LCD-schermen minder dan bij CRT-beeldschermen, omdat TFT/LCD-schermen vlak zijn.

De hoeveelheid reflectie is afhankelijk van de hoeveelheid lichtinval en de reflectiekenmerken van het beeldscherm.

Diffuse lichtreflectie verhoogt de luminance output van het scherm en verhoogt daarmee de brightness. Tegelijkertijd verlaagt het het contrast, door een sterker effect te hebben op de donkere gebieden van het beeldscherm dan op de gebieden met een hogere helderheid. Het hangt dus af van de brightness en het contrast van het beeldscherm of de waargenomen kwaliteit vermindert (Spengelink, 1994).

Het soort display

Het soort display is zeer van belang voor de duidelijkheid van het afbeelden van tekens. Een groot verschil in de techniek van het afbeelden is te vinden in het gebruik van CRT-beeldschermen en TFT/LCD-schermen. Door de verschillende techniek in afbeelding zou het kunnen zijn dat de tekens anders (leesbaarder of juist minder leesbaar) worden afgebeeld.

Werking van de beeldschermen

De bestaande richtlijnen voor de tekenhoogte zijn voornamelijk gebaseerd (voornamelijk de wat oudere richtlijnen) op CRT-beeldschermen.

Met de komst van de TFT/LCD-schermen zou het kunnen zijn dat de richtlijn niet meer geldt voor dit soort beeldschermen. Dit komt door het verschil in de techniek van het weer geven.

- CRT-beeldschermen

In 1931 vond Allen Du Mont het eerste CRT-beeldscherm uit die gebruikt werd in televisies.

Een CRT-beeldscherm is een vacuüm glazen buis die aan de binnenvoorzijde is voorzien van een luminescerende laag (van fosfor). Daarop verschijnen via een, door afbuigspoelen gestuurde, elektronenstraal oplichtende beelden (Lenior, 1985).

- LCD's (Liquid Crystal Displays)

In 1968 werd er voor het eerst een experimenteel LCD-scherm gemaakt. In 1973 begon Sharp met de massaproductie van LCD-schermen. Uiteindelijk zijn LCD-schermen behoorlijk populair geworden, omdat ze meer voordelen bieden dan andere displaytechnologieën. LCD-schermen zijn dunner, lichter en nemen minder energie dan de CRT-beeldschermen. Bovendien geven ze een flikkervrij beeld (Lenior, 1985).

Liquid Crystals zijn passieve elementen die zelf geen licht uitstralen, maar licht van een andere bron doorlaten of reflecteren. Deze kristallen zijn gevoelig voor een elektrisch veld. In LCD-schermen zitten gedraaide liquid crystals en door er een elektrische spanning erop te zetten, treden er wisselingen op in de

optische eigenschappen van dit kristal (een andere hoekverdraaiing). Hierdoor kunnen tekens zichtbaar gemaakt worden met behulp van een externe lichtbron.

Tekenhoogte: CRT vs. TFT/LCD

Zoals later te zien is hebben verschillende instanties en personen artikelen geschreven en daarin richtlijnen gegeven voor de tekenhoogte. Deze richtlijnen verschillen behoorlijk van elkaar. Er bleek niet veel te vinden over gegrond onderzoek naar de kijkafstand en tekenhoogte.

Nu was het vroeger een minder groot probleem dat de software niet een geschikte tekenhoogte liet zien voor de gebruiker. Met de komst van het TFT/LCD-scherm is het echter nodig om ervoor te zorgen dat de software een geschikte tekengrootte laat zien. Dit komt door het verschil in afbeelden van pixels.

- CRT-beeldscherm

Vroeger werden er voornamelijk CRT-beeldschermen gebruikt waarvan de resolutie gemakkelijk is bij te stellen. Dit komt doordat het beeld wordt geprojecteerd zonder een vaste resolutie. Een 17" CRT-beeldscherm kan bijvoorbeeld met een resolutie van 1024 x 768 een goed beeld geven. Maar hij kan ook een goed beeld geven op 640 x 480, 800 x 600 en 1280 x 1024. Hierdoor kan de gebruiker zelf de tekenhoogte instellen wanneer hij of zij dit wenst en de software dit toelaat (Meko Ltd. 2002).

- TFT/LCD-scherm

Tegenwoordig wordt er veel meer gebruik gemaakt van TFT/LCD-schermen. TFT/LCD-schermen hebben een aantal voordelen (het niet flikkerende beeldscherm, weinig ruimte innemen). Maar TFT/LCD-schermen hebben ook een groot nadeel wat betreft de tekenhoogte: Ze hebben vaste instellingen. Een TFT/LCD-scherm met een resolutie van 1024 x 768 zal precies 1024 x 768 pixels hebben. Wanneer er dan gevraagd wordt om een resolutie van 800 x 600 te gebruiken, moeten de 1024 pixels 800 beeldpunten in de breedte gaan afbeelden. Er zijn drie technieken op TFT/LCD-schermen beschikbaar om toch een resolutie te krijgen van 800 x 600 (Meko Ltd., 2002):

1. Het TFT/LCD-scherm gebruikt 800 pixels in het midden van het scherm. De niet-actieve pixels worden zwart waardoor er een soort scherm met een zwarte rand op het totale scherm te zien is. De tekenhoogte wordt echter hierdoor niet veranderd.
2. Het TFT/LCD-scherm gebruikt pixelreplicatie. De pixelkleuren worden herhaald in proportie met de ratio tussen de twee resoluties. Er zijn ongeveer 5 pixels beschikbaar voor 4 pixels van de afbeelding. Na elke 4^e pixel wordt de waarde van de 4^e pixel herhaald. Het is een simpele oplossing maar geeft wel een vertekend beeld van de tekens op het scherm. Hierdoor wordt de eis niet gehaald dat er goede tekens getoond moeten worden.
3. Het TFT/LCD-scherm herverdeelt het beeld over het grote aantal pixels door filtertechnieken te

gebruiken die gebruik maken van interpolatie. Doordat de pixels verschillende kleuren en grijsstinten kunnen tonen, worden de tekens niet vertekend afgebeeld. Gevolg is wel dat het beeld er wat vaag uitziet.

Het gebruik van TFT/LCD-schermen geeft dus minder flexibiliteit wat betreft het zelf instellen van de tekenhoogte (Meko Ltd., 2002).

Grootte van het display

Als er een ondervraging van de proefpersonen in het onderzoek wordt gehouden over de geprefereerde tekenhoogte, kan het zijn dat de fysieke grootte van het display invloed heeft op de beoordeling van de tekenhoogte (Spenkelink, 1994).

Kleur

De kleur van een beeldscherm bestaat uit de kleur van de tekens en de kleur van de achtergrond. In essentie is het begrip kleur onder te verdelen in drie componenten: Hue, saturation, en de brightness (in het Nederlands in windows: tint, verzadiging en helderheid) (Spenkelink, 1994).

De kleur van de tekens is van belang bij de leesbaarheid van de tekens, vooral in combinatie met de achtergrondkleur. Zwarte letters op een blauwe achtergrond zijn minder goed te lezen dan zwarte letters op een witte achtergrond.

Een militaire standaard geeft een hogere waarde van boogminuten voor de tekenhoogte als richtlijn voor gekleurde letters dan voor zwart/wit tekens. Bij een onderzoek naar tekenhoogte zou de kleur meegenomen moeten worden.

Scherpte

Deze factor gaat over de lokale contrasten ofwel de luminance gradients. Het is gerelateerd aan de activatie van de visuele kanalen die gevoelig zijn voor hogere spatiele frequenties (Spenkelink, 1994). De scherpte van een beeld wordt soms uitgedrukt in dots per inch of wordt gezien als het oplossend vermogen (Ottomatic, 2005).

Andere definities

Legibility = visuele eigenschappen van een teken of symbool dat het gemak bepalen waarmee het herkend kan worden (ISO 9241, 1992). Legibility is het detecteren en onderscheiden van tekens en symbolen door het gebruik van het zicht van het oog (Cakir, 1980).

Readability = de karakteristieken van een tekst die groepen tekens toestaat om gemakkelijk onderscheiden, herkend en geïnterpreteerd te worden (ISO 9241, 1992).

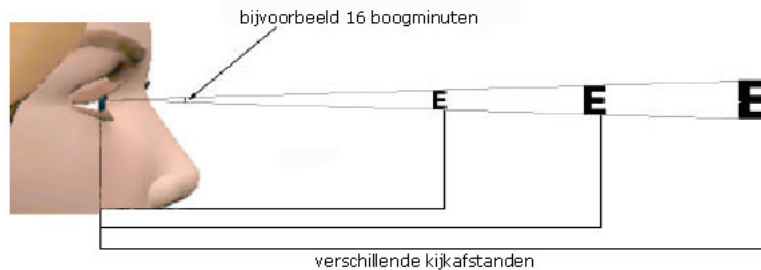
Rompletter = letters zoals de e, o, a etc.

Leessnelheid

De leessnelheid neemt toe met de tekengrootte tot een kritieke tekengrootte waarna de leessnelheid op hetzelfde niveau blijft (dit is de maximale leessnelheid) (Chung, 1998).

Boogminuten

Vaak wordt de tekenhoogte in mm uitgedrukt en wordt er een bepaalde kijkaafstand bij gegeven. Wanneer men de richtlijn wil toepassen, maar een andere kijkaafstand of een andere tekenhoogte wil gebruiken, is de richtlijn onbruikbaar geworden. Vandaar dat er een maat nodig is die onafhankelijk is van de kijkaafstand of van de tekenhoogte, namelijk de tekenhoogte in boogminuten (minutes of arc).



De volgende formule wordt gebruikt voor het berekenen van de tekenhoogte:
 $\text{Boogminuten} \times (2\pi \times \text{kijkaafstand}) / (360 \times 60) = \text{tekenhoogte}$

Opvattingen over tekenhoogte

Zoals al in de inleiding is gezegd staat de genormeerde richtlijn voor de tekenhoogte al tijden ter discussie. Deze discussie kan bestaan omdat er nauwelijks goed onderzoek naar de tekenhoogte is gedaan. Ankrum (1996) vindt zelfs dat de aanbevelingen voor een limiet van kijkafstand/tekenhoogte om onder andere de belasting van het oog te verminderen één ding gemeen hebben: Ze hebben geen wetenschappelijke basis. Er zijn verschillende instanties of personen geweest die richtlijnen gesteld hebben, maar deze zijn, voor zover na te gaan, niet op degelijk onderzoek gebaseerd. Bovendien zijn de gevonden richtlijnen zeer verschillend van elkaar.

Op dit moment zijn er een aantal invloedrijke wetten en normen van kracht die melding maken van een gestelde richtlijn voor de tekengrootte. Er is een wettelijke verplichting om gebruikers van beeldschermen goede en heldere tekens te tonen van een adequate grootte.

In de European Council Directive 90/270/EEC (1990) staan de wettelijke richtlijnen voor de tekenhoogte ofwel maximale kijkafstand voor de hele Europese Unie. In deze Directive staat: "The characters on the screen shall be well-defined and clearly formed, of adequate size and with adequate spacing between the characters and lines."

De Arbowet (Voskamp, 1997), die afgeleid is van de European Council Directive, zegt in Artikel 5.1 dat "de tekens op het beeldscherm voldoende scherp, duidelijk van vorm en voldoende groot moeten zijn, met voldoende afstand tussen de tekens en de regels".

Maar wat is voldoende scherp? En wat is voldoende groot?

Deze wetten houden zich zeer vaag. Ze kunnen beide op verschillende manieren geïnterpreteerd worden en dat doen de werkgevers dan ook.

Meko Ltd. (2002) verwijst naar een nieuwsbericht van de BBC over uitgelekt rapport van de UK Health and Safety Directive. Dit bericht gaat over de leesbaarheid van de tekens die op het scherm van de Air Traffic Control in Engeland worden gepresenteerd. Volgens dit bericht zijn de tekens zo klein dat de Air Traffic Controllers moeite hebben met het lezen van de vluchtdetails. De werknemers op het Swanwick Centre hebben zelfs moeite met het onderscheiden van de 0, 6 en 8 (BBC News, 2002).

Belangrijk is dus dat er duidelijke (wettelijke) richtlijnen worden opgesteld om dit soort fouten te kunnen voorkomen. De ISO 9241 deel 3 (1992) is een belangrijke standaard voor het visueel weergeven van informatie. Deze standaard geeft een redelijk duidelijke richtlijn voor de tekenhoogte, namelijk dat het minimum voor de Latijnse niet geaccentueerde hoofdletterhoogte 16 boogminuten is en dat er wordt aanbevolen om 20-22 boogminuten te nemen. Deze standaard is gebaseerd op de gemiddelde beroepsbevolking.

Overzicht gevonden richtlijnen

In bijlage 3 staat een inventarisatie naar de richtlijnen voor de tekenhoogte die door de jaren heen gebruikt, onderzocht of gesteld zijn door verschillende instanties of personen. Bovendien is daar ook een kleine inventarisatie van richtlijnen terug te vinden voor andere technieken voor het digitaal tekens weergeven. Hieronder volgt het overzicht van de richtlijnen naar tekenhoogte verkort in tabelvorm.

Overzicht richtlijnen

Jaartal	Naam	Boogminuten min.	Boogminuten aanbevolen	Boogminuten max.	Uitgangspunt
Standaarden					
1987	NEN 3002		23		Ongeaccentueerde hoofdletter
1992	ISO 9241 deel 3	16	20-22		Ongeaccentueerde hoofdletter
2001	ISO 13406-2	16	20-22		Ongeaccentueerde hoofdletter
Verskillende instanties					
1956	Harris et al.		27		
	Poulton		15,6		Hoofdletter
1959	Howell en Kraft	16	27		
1960	Howell en Kraft		26		
1965	Luxenburg en Bonness	10			
	Murrell		34,4		Hoofdletter
1966	Barmack en Sinaiko	12		37	
1967	Shurtleff	12 - 15			
1968	Cropper en Evans	19			
1969	Hemingway en Erickson	10			
1970	Giddings		17	21	
	Vartabedian		15 - 20		
1974	Stewart		12 - 15		Letters en cijfers

1979	Verhagen		17,2		Hoofdletter en cijfer Hoger geplaatste graphic panels
1980	Leebeek		22,9		Symbolen
	Verhagen	12 - 15	18 22 (voor proces- supervisie)		Hoofdletter en cijfer
	Grandjean		20 - 28		Hoofdletter
	Cakir	15 - 20			Hoofdletter
	Gorrell		18		Hoofdletter
1981	Lenior	5	14,7		Hoofdletter (E)
	Murrell		10,3		Hoofdletter
	Van der Heiden		20,6 - 27,5		Hoofdletter Operatortaken, alarmboodschappen
	Zuithoff en Ponsioen	22,9			Hoofdletter 5 x 7 matrix
	Zuithoff en Ponsioen	17,2			Hoofdletter 7 x 9 matrix
1984	Colin		16 - 20		Hoofdletter
1985	Lenior en Ritsema van Eck		17,2 - 27,5		Hoofdletter
1988	Helander		18		Hoofdletter
1989	Gilmore, Gertman en Blackman	16,4	20	26,8	Hoofdletter
	Bouma	12,9 - 17,2		34,4-45,8	Romphoogte letter
1992	Neufert		5		Hoofdletter Drukwerk
1994	Spenkelink		18,3		Hoofdletter
1996	Defence Standard	15,8	24,3		Hoofdletter

	Defence Standard	16	20-22		Hoofdletter (E) CRT-beeldschermen
	Defence Standard		> 16		Hoofdletter (E) Achromatische en monochrome FPDs
	Defence Standard		> 20		Hoofdletter (E) Pseudomonochrome en multicolour FDPs
	American GUI Standards	13,8	17,4	24,5	Hoofdletter (H)
	Voskamp	4,9			Hoofdletter (E) Visus 1
	Voskamp	9,8			Hoofdletter (E) Visus 0,5
	Voskamp		17,2		Rompletter (o) Niet beeldscherm
	Voskamp		22,9		Rompletter (o) Wel beeldscherm
1997	Voskamp (AI-2)		20,2		Hoofdletter
1998	Huppes		13,8		Hoofdletter Hoogwaardige beeldschermen
	Huppes		17,2		Hoofdletter Normale beeldschermen
1999	MIL-STD-1472F	16	20		Hoofdletter Zwart/wit tekens
	MIL-STD-1472F	21	30		Hoofdletter Gekleurde tekens
	MIL-STD-1472F	10	20		Hoofdletter Grote beeldschermen
	MIL-STD-1472F	15			Hoofdletter EL-displays
2003	Bos		22,9		Hoofdletter

2004	Liquid Crystal Technologies	10	16		Hoofdletter
	Voskamp		20-22		Hoofdletter
2005	Arbobondgenoten		20,2		Hoofdletter Normale beeldschermen
	Arbobondgenoten		13,8		Hoofdletter Hoogwaardige beeldschermen

Overzicht richtlijnen andere technieken van weergave

Naam	Tekenhoogte (boogminuten)	Soort weergave	Extra
Toerisme Vlaanderen	34,4	Informatieborden	Gewone informatie
	137,5	Informatieborden	Belangrijke informatie
Young	17,2	Informatieborden	
The Signage Foundation for Communication Excellence	43	Informatieborden	
Campus Design Guide	26	Informatieborden	Voor voetgangers Slecht-leesbare lettertypes
	20,2	Informatieborden	Voor voetgangers Gemiddeld-leesbare lettertypes
	17,2	Informatieborden	Voor voetgangers Vette lettertypes
Electromark	34,3	Verkeersborden	Goede condities
	71,8		Slechte condities
Effective Signage Guide	37,6 of 85,9	Verkeersborden	
Electronic Display Systems	17,2	Reclameborden	Rijdend verkeer
Hampshire Fire and Rescue Service	17,2	Noodverlichtingbord	Intern verlicht
	34,4	Noodverlichtingbord	Extern verlicht

Conclusies

Uit dit onderzoek is gebleken dat er door de jaren heen nooit duidelijkheid is geweest over de werkelijke richtlijn voor kijkafstand en tekenhoogte. Zoals in het overzicht te zien is, zijn de richtlijnen zeer verschillend. Bovendien later de richtlijnen niet zien dat ze met bepaalde factoren hebben rekening gehouden. Daarom is het goed om een gedegen onderzoek te houden.

Het zal echter moeilijk zijn om een goed onderzoek te houden waar een richtlijn voor de tekenhoogte/kijkafstand uit moet komen. Er zijn namelijk zoveel factoren die van invloed zijn op de leesbaarheid van tekens en daarmee ook de tekenhoogte, dat het moeilijk is een eenduidige richtlijn vast te stellen. Voor bepaalde situaties met vastgestelde factoren zou het mogelijk zijn om een gedegen richtlijn te stellen. Ook kan er naar de belangrijkste factoren gekeken worden voor het stellen van een richtlijn; deze richtlijn is dan gebaseerd op een beter onderzoek (waarin een gedeelte van de factoren is meegenomen) dan de bestaande onderzoeken die maar nauwelijks rekening hebben gehouden met de verschillende factoren. Een nieuwe richtlijn voldoet dan beter dan de oude.

Factoren

Er zijn twee groepen van factoren te onderscheiden. De ene groep gaat puur over de ruimte tussen de letters, woorden en regels en de vorm van de letter, behalve de hoogte van de letter, kortom de afmetingen van tekst. De andere groep bevat factoren die het zicht beïnvloeden.

Deze factoren van de eerste groep zijn goed voor de leesbaarheid en dus ook voor het onderzoek naar de tekenhoogte, maar dit zou op zich al een heel groot onderzoek kunnen worden. Bovendien is de bedoeling van een vervolgonderzoek niet het ontwerpen van een nieuw lettertype.

Als er een onderzoek wordt gedaan naar resolutie, visus, contrast of luminantie met betrekking tot de tekenhoogte en kijkafstand, is het nuttig om een algemeen lettertype te kiezen. Bestaande lettertypes worden immers nu ook al gebruikt in beeldschermwerk en wanneer de nieuwe richtlijn voor tekenhoogte op deze lettertypes gebaseerd zijn, kan de nieuwe richtlijn goed toegepast worden op de werkplekken.

Belangrijkste factoren, zoals geconcludeerd uit het literatuuronderzoek:

- Visus
- Contrast
- Beeldscherm luminantie
- Lichtsterkte van de omgeving
- Resolutie
- Het lettertype
- Horizontale kijkhoek

Inventarisatie richtlijnen

Wat opvalt uit de inventarisatie van de verschillende richtlijnen is dat er nog al verschil is in de waarden van de tekenhoogte. De laatste jaren wordt er vaak uit gegaan van een tekenhoogte van ongeveer 20 boogminuten als geprefereerde waarde. Omdat het niet bekend is hoe deze richtlijn tot stand is gekomen en welke factoren zijn meegenomen, kan er niet vanuit worden gegaan dat deze richtlijn goed is en voldoet aan de nieuwe beeldschermtechnieken.

Andere technieken van weergave

De richtlijnen voor presentaties op de beamer lopen nogal uiteen. Evenals die voor informatieborden. Bij informatieborden moet er soms wel rekening gehouden worden met rijdende auto's, omdat de bestuurder al rijdend de tekens moeten kunnen lezen.

De richtlijnen die worden aangehouden voor informatieborden hebben een gemiddelde tekenhoogte die groter is dan die van beeldschermen.

Aanbevelingen

Aanbeveling voor experimenteel onderzoek

Een onderzoek naar de tekenhoogte zal nuttig zijn, omdat er op dit gebied weinig onderzoek is geweest en er veel onzekerheid bestaat over de bestaande richtlijn(en) voor de tekenhoogte. Ook de opkomst van het TFT/LCD-scherm zorgt voor onzekerheid over de richtlijn voor de tekenhoogte. Deze beeldschermen hebben een andere manier van tekens weergeven, waardoor een verandering in prettig leesbare tekenhoogte zou kunnen optreden.

Aanbeveling voor opzet experimenteel onderzoek

In bijlage 4 staan aanbevelingen volgens ISO voor het doen van een onderzoek.

Bij een onderzoek moet er gelet worden op:

- het opwarmen van het display (20 minuten)
- proefpersonen moeten doelgroep representeren
- proefpersonen moeten minimaal 15 minuten voor de test in dezelfde kamer aanwezig zijn voor het aanpassen aan het licht

Wanneer sommige factoren als vaste waarde worden genomen (bijvoorbeeld het lettertype), zal er nog steeds een nuttig onderzoek gehouden kunnen worden.

Rompletters

Voor een onderzoek zouden het beste rompletters genomen kunnen worden, liefst met zoveel mogelijk detail. Wanneer deze letter goed wordt waargenomen, zal het waarnemen van andere rompletters of hoofdletters derhalve gemakkelijk gaan.

Naast het onderzoek op basis van een rompletter, is het nuttig om een onderzoek te doen naar cijfers. Deze zijn soms even groot als hoofdletters, maar hebben toch andere informatie in zich. Bovendien hebben cijfers geen gemak van de woordherkenning. Letters, wanneer gepresenteerd in woorden, kunnen sneller goed worden waargenomen door woordherkenning.

Onderzoeksopzet

Inleiding

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat er weinig goed onderbouwd onderzoek is te vinden. De richtlijnen die gebruikt worden lopen ver uiteen. De onderzoeken die uitgevoerd zijn hebben vaak niet alle factoren meegenomen voor een goede conclusie.

Met de komst van het TFT/LCD-scherm is een van de factoren belangrijker geworden. TFT/LCD-schermen hebben een hogere resolutie dan de oude CRT-beeldschermen uit de tijd waaruit de meeste richtlijnen dateren. Dit zou kunnen betekenen dat de tekens minder groot afgebeeld hoeven te worden om toch een goed waarneembare afbeelding te krijgen.

Of dit klopt moet onderzocht worden door middel van een experimenteel onderzoek.

De bestaande vuistregel (de maximale kijkafstand is 170 x hoofdletterhoogte) moet tijdens dit onderzoek ook onderzocht worden, maar dan nu met meer factoren om een betere richtlijn op te stellen. In dit experiment worden de factoren kleur, cleartype en lettertype meegenomen.

Tegenwoordig zijn de meeste richtlijnen voor de tekenhoogte gebaseerd op de hoofdletterhoogte. Beter is om de rompletterhoogte te nemen met veel detail. Als dit teken te lezen is, dan is de rest ook goed te lezen.

Als onafhankelijke variabelen worden genomen: kijkafstand, tekenhoogte, lettertype, resolutie TFT/LCD-scherm, kleur en horizontale kijkhoek. De afhankelijke variabelen zijn: leessnelheid, gedrag van de proefpersoon en de mening van de proefpersoon. De omgevingsvariabelen zijn: beeldscherm luminantie, omgevingsverlichting, contrast

Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een gefundeerde richtlijn voor de tekenhoogte op TFT/LCD-schermen met betrekking tot cleartype, kleur en lettertype, door op basis van experimentele bevindingen inzicht te geven in de relatie tussen de kijkafstand en de tekenhoogte met betrekking tot cleartype, kleur en lettertype.

Onderzoeksvragen

Om de doelstelling te halen dienen er gerichte onderzoeksvragen gesteld te worden. Met het beantwoorden van deze vragen wordt de doelstelling uiteindelijk ook beantwoord.

Welke relatie is er tussen de kijkafstand en de tekenhoogte?

Hoe is de relatie tussen de kijkafstand en tekenhoogte afhankelijk van de visus?

Welk lettertype is kleiner beter leesbaar, Arial of Verdana?

Heeft cleartype invloed op de kijkafstand / tekenhoogte?

Welke invloed hebben de 'kleur'-combinaties op de kijkafstand / tekenhoogte?

Het onderwerp van het onderzoek is het bekijken welke factoren invloed hebben op de tekenhoogte. Deze factoren zijn kleur, lettertype en cleartype (en eigenlijk ook de visus).

Hoe hoog de tekens afgebeeld moeten worden hangt af van de leesbaarheid van de tekens. De leesbaarheid kan gemeten worden door de leessnelheid en het aantal fouten in het voorlezen van de tekst of cijferreeks.

Aan het begin van het experiment wordt de leessnelheid en het aantal fouten gemeten op 60 cm kijkafstand met een door de proefpersoon zelf te bepalen tekenhoogte. De waarde van de leessnelheid tijdens het experiment wordt vergeleken met de waarde van de leessnelheid voor het experiment. Wanneer de leessnelheid lager ligt tijdens het experiment, zal die tekenhoogte of kijkafstand minder prettig zijn voor de proefpersoon. Dit geldt ook voor het aantal fouten in de voorgelezen tekst.

Mede door het gedrag van de proefpersoon te bestuderen kan er bepaald worden of de tekens leesbaar zijn of niet. Wanneer de proefpersoon naar voren of naar achter leunt, met zijn ogen knijpt of tuurt, is dit een indicatie dat de tekens niet goed leesbaar zijn. Vervolgens wordt er aan de proefpersoon gevraagd welke tekenhoogte hij of zij het prettigst vindt om te lezen.

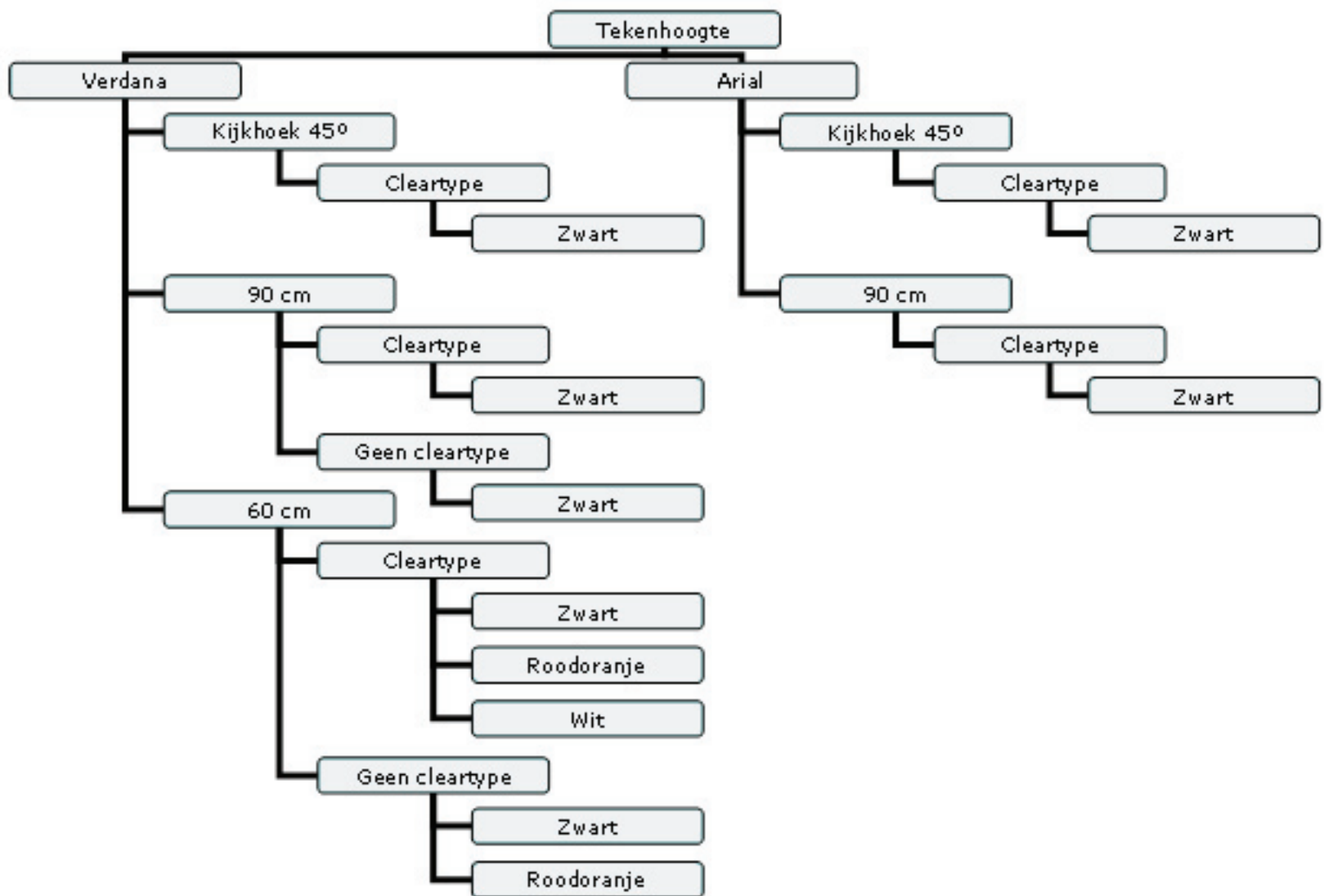
In het boomdiagram is te zien welke factoren getoetst gaan worden om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Zwart = zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond

Roodoranje = roodoranje tekens op een donker grijze achtergrond

Wit = witte tekens op een zwarte achtergrond

Elke kleur wordt weer onderverdeeld in tekst en cijfers. Vanwege ruimte gebrek is dit niet in het boomdiagram ingevoegd.



Toetsing en hypotheses

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn er toetsingen en hypotheses opgesteld. In het experiment worden de volgende onderdelen aan elkaar getoetst:

Relatie tussen visus en tekenhoogte

Wanneer men slechter ziet zullen de tekens groter moeten om ze nog prettig te kunnen lezen. Ditzelfde principe wordt ook gebruikt bij de Landolt ringenkaart en de Snellen letterkaart. Er wordt hierbij uitgegaan van rechtevenredigheid, want de Landolt ringenkaart heeft een gat in de ring van één boogminuut (1,45 mm) voor visus 1 en een halve boogminuut (0,73 mm) voor visus 2. De verwachting is dan ook dat de relatie tussen de visus en de prettig leesbare tekenhoogte rechtevenredig is.

Relatie tussen tekenhoogte en factoren

Letterttype: Verdana vs. Arial

Verdana vs. Arial op 90 cm (met cleartype, zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond)
Uit dit experiment wordt de geprefereerde tekenhoogte voor 90 cm kijkafstand afgeleid voor Verdana en Arial. Door deze tekenhoogtes te vergelijken is af te leiden welk letterttype beter leesbaar is op 90 cm afstand.

Arial zal een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan Verdana. Dit wordt verwacht omdat de tekens van Arial dichter op elkaar staan dan Verdana en de tekens zijn dunner opgezet dan Verdana.

Verdana vs. Arial op 90 cm met een horizontale kijkhoek van 45° (met cleartype, zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond)

Uit dit experiment wordt de geprefereerde tekenhoogte voor 90 cm kijkafstand met een horizontale kijkhoek van 45° afgeleid voor Verdana en Arial. Door deze tekenhoogtes te vergelijken is af te leiden welk letterttype beter leesbaar is op 90 cm afstand met een kijkhoek van 45°.

Arial zal een grotere prettig leesbare tekenhoogte vereisen dan Verdana. Dit wordt verwacht omdat de tekens van Arial dichter op elkaar staan dan Verdana en de tekens zijn minder breed dan Verdana.

Recht voor het scherm vs. schuin voor het scherm

90 cm kijkafstand loodrecht op het scherm vs. 90 cm kijkafstand met een horizontale kijkhoek van 45° (met cleartype, zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond, Verdana)

Uit deze toetsing wordt duidelijk of de horizontale kijkhoek invloed heeft op de prettig leesbare hoogte van de tekens. De verwachting is dat de prettig leesbare hoogte van de tekens voor de horizontale kijkhoek van 45° groter is dan voor een kijkhoek die loodrecht op het scherm staat.

Cleartype vs. geen cleartype

Cleartype vs. geen cleartype (zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond, 60 cm kijkafstand, Verdana)

Uit dit experiment is de prettig leesbare tekenhoogte op 60 cm kijkafstand af te leiden voor tekst en cijfers met en zonder cleartype. Door deze tekenhoogtes te vergelijken kan er bekeken worden of tekens in Verdana zonder cleartype groter moeten om prettig leesbaar te zijn. De hypothese is dat de tekens met cleartype op 60 cm kijkafstand minder goed leesbaar zijn dan zonder cleartype. Dit komt doordat men op deze afstand kleinere tekens kan waarnemen en daardoor de tekens eventueel te dik en daarmee minder goed leesbaar kunnen worden.

Cleartype vs. geen cleartype (zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond, 90 cm kijkafstand)

Uit dit experiment is de prettig leesbare tekenhoogte op 90 cm kijkafstand af te leiden voor tekst en cijfers met en zonder cleartype. Door deze tekenhoogtes te vergelijken kan er bekeken worden of tekens in Verdana zonder cleartype groter moeten om prettig leesbaar te zijn. De hypothese is dat de tekens met cleartype op 90 cm kijkafstand beter leesbaar zijn. Men wil op deze afstand grotere tekens zien waardoor het dik maken door cleartype minder opvalt en juist voor een prettiger leesbaarheid kan zorgen.

Cleartype vs. geen cleartype (roedoranje tekst en cijferreeks op donkergrijze achtergrond, 60 cm kijkafstand, Verdana)

Uit dit experiment is de prettig leesbare tekenhoogte op 60 cm kijkafstand af te leiden voor tekst en cijfers met en zonder cleartype. Door deze tekenhoogtes te vergelijken kan er bekeken worden of tekens in Verdana zonder cleartype groter moeten om prettig leesbaar te zijn. De hypothese is dat wanneer de uitkomst uit de hypothese 'cleartype vs. geen cleartype voor zwart op lichtgrijs op 60 cm kijkafstand' is dat cleartype duidelijk beter is, dan zal hier het effect minder groot zijn. Dit komt omdat de beeldpunten al moeilijk te onderscheiden zijn in teken en achtergrond, dus een echt scherpe rand tussen teken en

achtergrond was er al niet. Bovendien bestaan de subpixels uit kleur en zullen daarom weinig extra toevoegen.

Kleur vs. zwart op lichtgrijs

Zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond vs. roodoranje tekst en cijferreeks op donkergrijze achtergrond (60 cm, geen cleartype, Verdana)

Uit dit experiment zal blijken of er verschil is in de prettig leesbare tekenhoogte van tekens in het zwart op een lichtgrijze achtergrond en tekens in roodoranje op een donkergrijze achtergrond.

Roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond zullen een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond.

Zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond vs. roodoranje tekst en cijferreeks op donkergrijze achtergrond (60 cm, cleartype, Verdana)

Uit dit experiment zal blijken of er verschil is in de prettig leesbare tekenhoogte van tekens in het zwart op een lichtgrijze achtergrond en tekens in roodoranje op een donkergrijze achtergrond.

Roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond zullen een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond.

Zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond vs. witte tekst en zwart op donkergrijze achtergrond (60 cm, cleartype, Verdana)

Uit dit experiment zal blijken of er verschil is in de prettig leesbare tekenhoogte van tekens in het zwart op een lichtgrijze achtergrond en tekens in het wit op een zwarte achtergrond.

De hypothese is dat er weinig tot geen verschil zal optreden tussen de prettig leesbare tekenhoogte van zwart op lichtgrijs en van wit op zwart.

Het hoge contrast kan voor een duidelijker beeld zorgen, maar juist door het hoge contrast zullen de tekens misschien minder prettig leesbaar zijn.

60 cm kijkafstand vs. 90 cm kijkafstand

De hypothese luidt dat de tekens op 90 cm afstand kleiner afgebeeld mogen worden om nog prettig leesbaar te zijn dan de tekens op 60 cm. Dit komt doordat de pixels door de proefpersoon kleiner worden waargenomen, zodat het lijkt alsof de resolutie omhoog gaat. Als de resolutie omhoog gaat worden de

tekens van 'waargenomen' hoogte meer natuurlijk waardoor het gemakkelijker wordt om ze te lezen. Bovendien hoeft men minder te accommoderen wanneer men op een grotere kijkafstand zit, waardoor tekens prettiger te lezen zijn.

Toetsing aan de genormeerde richtlijn

Verwacht wordt dat de genormeerde richtlijn niet meer standhoudt, vanwege de hogere resolutie van het gebruikte beeldscherm voor de bepaling van deze richtlijn.

Hoogte van cijfers vs. hoogte van letters

De verwachting hier is dat de prettig leesbare hoogte van cijfers gelijk zal zijn aan die van onderkastletters. De letter e heeft immers evenveel detail als het cijfer 8.

Onafhankelijke variabelen

Kijkafstand

De kijkafstand zal in het experiment gevarieerd moeten worden. De variabele 'kijkafstand' zal op rationiveau gemeten worden. Deze variabele is kwantitatief en de schaal van waarden heeft een natuurlijk nulpunt. De grootheid van de gemeten variabele is de lengte, de eenheid is mm. Deze continue variabele heeft derhalve een nulpunt. De kijkafstand zal gemeten worden met een meetlint en de horizontale kijkhoek door een geodriehoek.

Er is gekozen om op 60 cm, 90 cm en met een horizontale kijkhoek van 45° op 90 cm te meten, omdat dit gebruikelijke afstanden zijn voor de procesindustrie.

Tekenhoogte

De tekenhoogte zal in het experiment gevarieerd moeten worden. De variabele 'tekenhoogte' zal op rationiveau gemeten worden. Deze variabele is kwantitatief en de schaal van waarden heeft een natuurlijk nulpunt. De grootheid van de gemeten variabele is de lengte, de eenheid is mm. Deze continue variabele heeft daarom een nulpunt. De tekenhoogte zal gemeten worden door middel van een meetlint die de afmetingen van het beeldscherm meet en door berekeningen en tellingen.

Het bepalen van de tekenhoogte gaat als volgt. Allereerst wordt de afmeting van het beeldscherm zonder rand gemeten. De vaste resolutie is bekend. Door de hoogte van het scherm te delen door het aantal pixels in de hoogte, is de hoogte van één pixel bekend. Ditzelfde wordt gedaan voor de breedte van het scherm en zo zijn de afmetingen van één pixel bekend.

Vervolgens wordt er een screenshot van het afgebeelde teken gemaakt en deze wordt in het programma 'Paint' geplakt. Door dit beeld 4 tot 8 keer te vergroten en het raster in te schakelen, kunnen de pixels geteld worden. De hoogte van het teken is vervolgens het aantal pixels in de hoogte keer de hoogte van één pixel. Een voorbeeld is te zien op pagina 18.

Lettertype

Het lettertype moet voor een betere leesbaarheid zonder schreven (= sans serif) zijn. De meest gebruikte schreefloze lettertypen op de computer zijn Arial en Verdana en zijn daarom in dit onderzoek gebruikt. Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat de vorm van de letter en de ruimte tussen de letters, woorden en regels erg van belang zijn voor de leesbaarheid en daarmee ook voor de relatie tussen de tekenhoogte en de kijkafstand. Deze factoren op zich zouden al de basis kunnen zijn voor een groot onderzoek, vandaar dat er bij het onderzoek uit wordt gegaan van een vast lettertype met vaste afmetingen. Daarbij komt dat de uitkomst van dit onderzoek niet moet leiden tot een nieuw soort lettertype, maar tot een aanbeveling

voor de kijkafstand/tekenhoogte op werkplekken. Op deze werkplekken worden normaal gesproken standaardlettertypen gebruikt, waardoor een onderzoek naar lettertypen niet nuttig zou zijn. Al met al zullen deze factoren als vaste factoren in het onderzoek worden meegenomen, maar er zullen wel verschillende lettertypen worden onderzocht. De lettertypen die onderzocht zullen worden zijn Verdana en Arial vanwege het feit dat ze de meest gebruikte lettertypen zijn en omdat men binnen ErgoS deze lettertypen ook graag onderzocht zou willen hebben.

Resolutie TFT/LCD-scherm

In het literatuuronderzoek komt naar voren dat de resolutie van het TFT/LCD-scherm belangrijk is voor het onderzoek naar tekenhoogtes en kijkafstanden. Daarin zit echter verborgen dat de pixelgrootte van beeldschermen verandert. Dit is de factor die van invloed is, in plaats van de resolutie op zich. Met een kleinere pixelgrootte kunnen tekens van dezelfde hoogte op het beeldscherm meer pixels bevatten en daardoor scherper worden waargenomen.

In het experiment zal de factor resolutie niet worden meegenomen, maar wel de factor pixelgrootte. Door op twee afstanden te meten en met verschillende tekengroottes te werken (die verschillen in het aantal pixels) kan de factor pixelgrootte gevarieerd worden. Wanneer men verder van het beeldscherm af zit, zullen de pixels kleiner worden waargenomen (alsof de resolutie omhoog gaat).

Er zal gebruik gemaakt worden van een 17" TFT/LCD-scherm met een resolutie van 1280 * 768.

Kleur

De standaardmetingen zullen worden uitgevoerd met zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond. Deze 'kleur'combinatie wordt vaak gebruikt in de procesindustrie. De combinatie geeft een minder hoog contrast dan zwart op wit (en is daardoor rustiger aan de ogen) en de achtergrond geeft minder straling af, wat minder afleiding geeft.

Verder zullen witte tekens op een zwarte achtergrond en roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond onderzocht worden.

Kleur wordt nogal eens, al of niet terecht, in de procesindustrie gebruikt op beeldschermen, dus het meenemen van een kleur is erg interessant. Roodoranje op donkergrijs heeft een niet zo hoog helderheidscontrast en is daarom interessant om te onderzoeken.

Witte tekens op een zwarte achtergrond geeft een hoog contrast. De achtergrond is donker waardoor men minder afleiding heeft. Een hoog contrast zou betere leesbaarheid kunnen opleveren, maar door de felheid zou het als minder prettig ervaren kunnen worden.

Vanwege de omvang van het experiment worden niet meer kleurcombinaties onderzocht. Wanneer de kleur een grote invloed heeft, kan er een aanbeveling worden gedaan voor een vervolg onderzoek.

Horizontale kijkhoek

Dit experiment zal gehouden worden op 90 cm, omdat dit een veel gebruikte kijkafstand is in de procesindustrie. Als horizontale kijkhoek wordt 45° genomen. Dit is vrij fors, maar zo kan het effect duidelijk worden gemeten.

Afhankelijke variabelen

In dit geval is de overkoepelende variabele de leesbaarheid. Wanneer de tekens te klein of te groot worden of de kijkafstand te groot of te klein dan vermindert de leesbaarheid. De leesbaarheid kan door de volgende variabelen gemeten worden.

Leessnelheid

Door de leessnelheid van te voren te meten, is de 'gewone' leessnelheid van de proefpersoon bekend. Wanneer er stukken tekst gelezen gaan worden tijdens het experiment, zal de leessnelheid gemeten worden op dat moment. Wanneer de leessnelheid lager ligt dan de 'gewone' leessnelheid is dit een teken dat de leesbaarheid op dat moment minder was en waarschijnlijk de tekenhoogte te klein was of de kijkafstand te groot.

De variabele leessnelheid zal op rationiveau gemeten worden. Deze variabele is kwantitatief en de schaal van waarden heeft een natuurlijk nulpunt. De grootte van de gemeten variabele is de tijd, de eenheid is seconden. Deze continue variabele heeft derhalve een nulpunt. De leessnelheid zal gemeten worden door een stopwatch.

Er bestaan verschillende meningen over wat voor tekst er gepresenteerd moet worden voor een goede leessnelheidsbepaling. Aan de ene kant is het beter om onzinwoorden te gebruiken om de tekenhoogte te meten, want zo kan men niet gokken en kan er zeker gesteld worden dat het teken ook daadwerkelijk goed wordt waargenomen. Maar wanneer men onzinwoorden of niet logische zinnen gaat maken van bestaande woorden, schept dit verwarring bij de proefpersonen. Men gaat dan langer nadenken over of de getoonde tekens wel goed worden waargenomen. Een mens wil altijd proberen om iets logisch van een woord of zin te maken. Dit kost tijd en daardoor zouden de resultaten beïnvloed kunnen worden.

Betekenisvolle zinnen zijn dan een betere optie. Bovendien zijn deze zinnen meer representatief voor het lezen van tekst dan het gebruik van onzinwoorden of niet logische zinnen van bestaande woorden.

In dit experiment zal gebruik worden gemaakt van onbekende teksten. Deze teksten moeten wel goed uit te spreken zijn. Omdat er in de procesindustrie vaak gewerkt wordt met afkortingen of onbekende tekencombinaties, is het beter om het experiment uit te voeren met teksten die geen woordherkenning opwekken. Omdat men niet lang na moet denken over de uitspraak van deze woorden, is het handig om een bestaande, voor de proefpersonen redelijk onbekende, taal te nemen. Het Latijn is een voorbeeld van een onbekende taal die goed uit te spreken is. Bij mensen die ooit Latijn als vak op de middelbare school hebben gehad, zal er waarschijnlijk geen woordherkenning optreden, omdat deze taal niet vaak gebruikt wordt. De tekst zal voor alle gevallen 10 woorden en 50 karakters bevatten.

Cijfers hebben geen 'woordherkenning' en zullen in het experiment gepresenteerd worden in een reeks van

10 cijfers. In elke reeks zit tenminste één 8. Dit cijfer heeft immers het meeste detail.

Gedrag van de proefpersoon

Als de leesbaarheid vermindert, zal de proefpersoon dit aan zijn gedrag laten merken. Hij zal bijvoorbeeld met zijn ogen gaan knijpen, zijn ogen gaan opensperren, naar voren leunen of naar achteren leunen of gaan turen.

Op een invulformulier zal de waarnemer bijhouden hoe het gedrag is van de proefpersoon.

Mening van de proefpersoon

De proefpersoon zal gevraagd worden welke tekenhoogte prettiger te lezen is. Door steeds de grotere of de kleinere versie te laten zien, kan de proefpersoon beter zijn keuze maken.

De voorkeur van de proefpersoon wordt door de waarnemer genoteerd op een invulformulier.

Omgevingsvariabelen

Omgevingsverlichting

De hoeveelheid omgevingsverlichting is erg belangrijk voor het waarnemen van de tekens. Wanneer de omgeving slecht verlicht is, zal het lezen van tekens moeilijker worden. De verlichting van de omgeving speelt dus een grote rol in het bepalen van de juiste tekenhoogte.

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat de omgevingsverlichting minimaal 200-250 lux moet zijn en maximaal 750 – 800 lux mag zijn.

Het constant houden van deze factor kan bewerkstelligd worden door het aantal brandende lampen constant te houden. De ramen zullen verduisterd moeten worden, omdat de omgevingsverlichting als gevolg van zonlicht erg veranderlijk is.

De omgevingsverlichting zal gemeten worden door een luxmeter.

Beeldscherm luminantie

De beeldscherm luminantie is erg belangrijk voor de leesbaarheid. Hierdoor is het weer van belang bij de bepaling van het verband tussen de tekenhoogte en kijkafstand.

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat de luminantie van het beeldscherm ongeveer 100 cd/m² moet bedragen.

De beeldscherm luminantie wordt gemeten door een spotmeter.

Contrast

Evenals de beeldscherm luminantie en de omgevingsverlichting is het contrast (de luminantieverhouding tussen de tekens en de achtergrond van het beeldscherm) ook van belang voor de perceptie van de tekens en daardoor van belang in het onderzoek naar de relatie tussen de tekenhoogte en de kijkafstand.

Het contrast is voor optimale leesbaarheid ongeveer tussen de 1:5 en 1:10 (NEN 3087, 1997).

Het contrast wordt gemeten door een spotmeter.

Onderzoeksstrategie

Dit experimenteel onderzoek zit tussen een exploratief en een toetsend onderzoek in. Bij toetsend onderzoek zijn er vooraf duidelijke hypothesen en theorieën. Je toetst een theorie. Wanneer de oude vuistregel als toetstheorie wordt genomen, is dit onderzoek een toetsend onderzoek. Aan de andere kant is er niet echt een goede theorie beschikbaar over kijkafstanden en tekenhoogtes. Vandaar dat het onderzoek ook deels een exploratief onderzoek is.

De algemene hypothese voor dit onderzoek luidt dat de genormeerde vuistregel voor de tekenhoogte/kijkafstand (de maximale kijkafstand is 170 x hoofdletterhoogte) niet zal kloppen met de waarden uit het experiment.

Verzameling van data

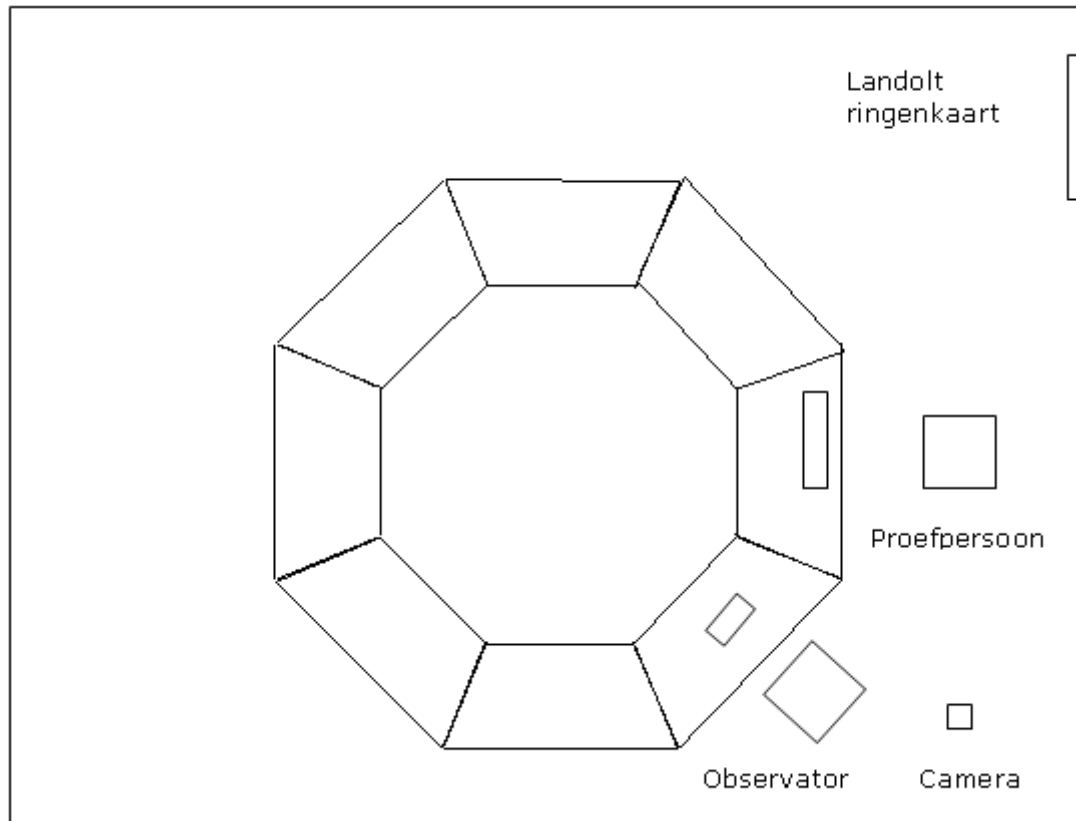
De dataverzameling zal gestructureerd verlopen. Er is namelijk van te voren precies bekend wat voor informatie nodig is. In dit geval is de benodigde informatie:

- Gegevens van de proefpersonen
- De visus van de proefpersonen
- De 'normale' leessnelheid van de personen
- De tekenhoogte van Verdana en Arial op 60 cm, 90 cm en met een horizontale kijkhoek van 45° op 90 cm kijkafstand
 - o Bij zwart op lichtgrijs
 - o Bij wit op zwart
 - o Bij roodoranje op donkergrijs
 - o Bij cleartype of geen cleartype
 - o Bij cijfers of letters
- De leessnelheid tijdens het experiment
- Het aantal fouten dat de proefpersoon maakt tijdens het voorlezen
- Het gedrag van de proefpersoon tijdens het experiment
 - o Knippen met de ogen
 - o Turen
 - o Naar voren leunen
 - o Ogen open sperren
- De voorkeur voor tekenhoogte van de proefpersoon
 - o Net leesbaar
 - o Prettig leesbaar

Het is handig om een invulformulier te gebruiken tijdens het experiment, zeker omdat er al precies bekend is welke informatie er nodig is. Op het invulformulier staan gesloten vragen om zo de gegevens van de proefpersonen zoveel mogelijk hetzelfde te houden, waardoor analyse van de gegevens gemakkelijker wordt. In bijlage 5 staat een deel van het invulformulier. De rest van het invulformulier ziet er ongeveer hetzelfde uit.

Onderzoeksofstelling

Het experiment zal plaatsvinden in een ruimte waar zonlicht / daglicht geweerd zal worden om de omgevingsvariabelen zo constant mogelijk te houden. Door een inpanidige ruimte te gebruiken wordt dit bewerkstelligd.



De observator heeft een laptop bij zich met het beeldscherm alleen zichtbaar voor de observator. De laptop is ook aangesloten op het TFT/LCD-scherm. Zo kan de observator bepalen wat er op het TFT/LCD-scherm te zien is en kan hij ook de beelden voorbij laten flitsen.

De zichtlijn van de proefpersoon moet loodrecht op het beeldscherm vallen om de juiste tekenhoogte waar te nemen. Het TFT/LCD-scherm zal zo worden opgesteld dat de zichtlijn van de proefpersoon loodrecht op het beeldscherm valt.

De tekens zullen in het midden van het scherm worden afgebeeld.

In bijlage 6 staan de foto's van de opstelling.

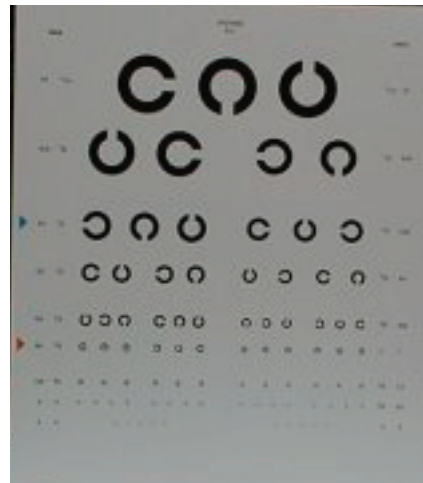
Als presentatiemethode zal 'ACDSee' gebruikt worden. Dit programma kan plaatjes op werkelijke grootte afbeelden. In 'Paint' zullen de teksten en cijferreeksen worden ingevoerd met grijze, donkergrijze of zwarte achtergrond, met zwarte, rode of witte letters, met of zonder cleartype, in Arial of Verdana en in verschillende puntgroottes. Deze 'Paint' plaatjes worden opgeslagen als PNG. Op deze manier ligt het aantal pixels vast en kan een presentatieprogramma de letterbeelden niet meer veranderen.

Doordat dit programma gemakkelijk van beeld kan wisselen, wordt het voor de proefpersoon gemakkelijker om te bekijken welke puntgrootte prettiger leest. Wanneer er veel handelingen uitgevoerd moeten worden voordat het nieuwe scherm weer te zien is, is men het oude scherm misschien al weer vergeten en kan er geen adequate vergelijking plaatsvinden.

Benodigdheden

- Meubilair:
 - o Bureau / tafel
 - o 2 Stoelen
- Apparatuur:
 - o 17" TFT/LCD-scherm - Iiyama ProLite E431S (zie bijlage 7)
 - o Laptop
 - o Videocamera
 - o Digitale camera voor het maken van foto's van de opstelling
- Materialen:
 - o Invulformulieren
 - o Pennen
 - o Bedankje
- Meetinstrumenten:
 - o Stopwatch
 - o Meetlint
 - o Geodriehoek

-
- o Landolt ringenkaart
 - o Luxmeter / spotmeter
 - o Ishihara kleurentest
 - Programma:
 - o PNG plaatjes getoond door ACDSee met:
 - Latijnse teksten (10 woorden, 50 karakters)
 - Cijferreeksen (10 cijfers met tenminste één 8)



Landolt ringenkaart

Nunc font enim iam veteris percepto seminis e venarum arva.

Tekst in zwart op een lichtgrijze achtergrond zoals een proefpersoon het op een beeldscherm zag.

3489577459

Cijfers in roodoranje op een donkergrijze achtergrond zoals een proefpersoon het op een beeldscherm zag.

Procedure

Voorbereiding

De proefpersoon moet ongeveer 20 minuten wennen aan de omgeving. Het beeldscherm moet minimaal 15 minuten aanstaan om op te warmen.

Wanneer de proefpersoon binnenkomt, zullen de gegevens ingevuld worden op het invulformulier en zal de proefpersoonverklaring ondertekend worden.

De proefpersoon moet op een stoel gaan zitten, zodat de afstand tussen de ogen en de grond gemeten kan worden. Vervolgens kan het beeldscherm op de goede hoogte worden ingesteld.

Daarna kan er begonnen worden met het vaststellen van de visus van de proefpersoon. Wanneer de proefpersoon normaal gesproken ongecorrigeerd achter een beeldscherm werkt, zal ook de visus van de proefpersoon ongecorrigeerd moeten worden vastgesteld. Wanneer de proefpersoon wel correctie gebruikt, moet dit wel worden meegenomen in de bepaling van de visus. Wanneer het experiment ongecorrigeerd uitgevoerd wordt, moet ook de leessnelheid zonder correctie worden gemeten.

Oogmeting

De oogmeting wordt vastgesteld door middel van een Landolt ringenkaart. Bij een Landolt ringenkaart komt de waarde visus 1 overeen met het nog net kunnen waarnemen van 1 boogminuut, namelijk het 'gat' in de ring. Als visuswaarde geldt de visus die hoort bij de laatste regel die nog geheel foutloos kan worden benoemd.

Er mag niet gesmokkeld of aangezet worden tot het knijpen van de ogen. Vervolgens wordt er een de Ishihara-kleurentest gehouden. Hiermee kan worden vastgesteld of de proefpersoon kleurenblind is of niet.

Leessnelheidbepaling

Voor het experiment begint zal de leessnelheid van de proefpersoon gemeten moeten worden. De proefpersoon krijgt eerst twee stukken voorbeeldtekst om alvast in te lezen. Dan moet de proefpersoon een stukje hardop voorlezen, terwijl de tijd bijgehouden wordt. Dit stukje tekst is voor iedereen gelijk en heeft 10 woorden en 50 karakters, net als de stukken tekst die in het experiment gebruikt zullen worden. De proefpersoon mag zelf bepalen op welke afstand hij van het beeldscherm gaat zitten of welke lettergrootte hij instelt. Er wordt gemeten hoe lang de proefpersoon over dit stukje tekst lezen doet.

Wanneer er erg veel verschil is in leessnelheid, moet dat meegenomen worden bij het herkennen van letters in stukken tekst of in woorden.

Vervolgens wordt er een reeks van 10 cijfers getoond (waaronder tenminste één acht) die de proefpersoon ook hardop moet voorlezen. Deze tijd wordt ook gemeten en zal later dienen als vergelijkingsmateriaal bij

de experimenten met cijfers.

Experimenten

Alle experimenten zullen worden uitgevoerd op een 17" TFT/LCD-scherm met een vaste resolutie. Tijdens het gehele experiment zal de proefpersoon opgenomen worden op een videocamera.

De procedure is voor alle experimenten hetzelfde:

De proefpersoon moet op een stoel gaan zitten. Deze stoel staat op 60 cm, 90 cm of onder een horizontale kijkhoek van 45° op 90 cm kijkaafstand van het TFT/LCD-scherm. Op het beeldscherm wordt een tekst gepresenteerd in het Latijn. De proefpersoon moet hardop deze tekst voorlezen. Ondertussen wordt met een stopwatch de leestijd bijgehouden. Omdat er tegelijkertijd gekeken moet worden hoe de proefpersoon zich gedraagt, wordt er gebruik gemaakt van een videocamera. Na het experiment kan de observator het gedrag op de videocamera terug zien. De observator let op of de proefpersoon tuurt naar het beeldscherm of met zijn ogen gaat knijpen. Wanneer de tekens te klein zijn, zullen sommige proefpersonen misschien voor over gaan buigen om het teken beter te kunnen zien. Vervolgens moet de proefpersoon zeggen of hij de tekst prettig leesbaar vindt.

Dan wordt de hoogte van de tekens gevarieerd en wordt er een andere tekst getoond (om het leereffect te voorkomen) en volgt dezelfde procedure.

Door heen en weer te switchen tussen kleinere tekens en grotere tekens van dezelfde tekst, kan de proefpersoon gemakkelijker zeggen welke grootte hij prettiger vindt om te lezen.

Om maar één keer de kijkaafstand te hoeven instellen, worden eerst alle metingen op 60 cm kijkaafstand uitgevoerd, vervolgens alle metingen op 90 cm kijkaafstand en daarna onder een horizontale kijkhoek van 45° met kijkaafstand van 90 cm.

Op 60 cm zullen eerst de experimenten zonder cleartype worden uitgevoerd en daarna met cleartype.

De volgorde van de verschillende onderdelen wordt nu:

De kijkaafstand is 60 cm en er wordt geen cleartype gebruikt:

Onderdeel 1 – Verdana: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 2 – Verdana: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 3 – Verdana: roodoranje tekst op donkergrijze achtergrond

Onderdeel 4 – Verdana: roodoranje cijferreeks op donkergrijze achtergrond

De kijkafstand is 60 cm en er wordt wel cleartype gebruikt:

Onderdeel 5 – Verdana: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 6 – Verdana: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 7 – Verdana: roodoranje tekst op donkergrijze achtergrond

Onderdeel 8 – Verdana: roodoranje cijferreeks op donkergrijze achtergrond

Onderdeel 9 – Verdana: witte tekst op zwarte achtergrond

Onderdeel 10 – Verdana: witte cijferreeks op zwarte achtergrond

De kijkafstand is 90 cm en er wordt geen cleartype gebruikt:

Onderdeel 11 – Verdana: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 12 – Verdana: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

De kijkafstand is 90 cm en er wordt wel cleartype gebruikt:

Onderdeel 13 – Verdana: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 14 – Arial: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 15 – Verdana: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 16 – Arial: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

De kijkafstand is 90 cm en een horizontale kijkhoek van 45° met cleartype:

Onderdeel 17 – Verdana: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 18 – Arial: zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 19 – Verdana: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

Onderdeel 20 – Arial: zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond

Na alle metingen wordt de proefpersoon bedankt voor de medewerking.

Onderzoekspopulatie en steekproefgrootte

De onderzoekspopulatie zal bestaan uit personen met een (gecorrigeerde) gezichtsscherpte van visus 0,5 of meer. Omdat de richtlijn bedoeld is voor de werkplek gaat het hier om personen die werken met beeldschermen. Dit zijn personen tussen de 18 en 65 jaar.

Voor het experiment is het belangrijk dat de proefpersonen:

- geen dyslexie hebben
- minimaal 2 uur per dag achter een beeldscherm werken

Volgens Baarda en Goede is het minimum aantal proefpersonen voor een experiment 25 personen. De vereiste omvang van een steekproef is echter wel afhankelijk van de heterogeniteit van de populatie en de nauwkeurigheid waarmee uitspraken gedaan moeten worden (Baarda, 1997).

Omdat de visusverdeling van de Nederlandse bevolking tussen de 18 en 65 jaar bekend is, is het niet de verwachting dat het noodzakelijk is om een grote steekproef te nemen. Met een klein aantal proefpersonen is door middel van de visusverdeling een algemene richtlijn op te stellen voor de Nederlandse bevolking tussen de 18 en 65 jaar.

De proefpersonen zullen komen uit het bedrijfsleven en uit de universiteitssector. De grootte van de steekproef zal ongeveer 15 personen zijn.

De volgende vragen worden vooraf gesteld om gegevens in te winnen over de proefpersonen:

- Wat is de leeftijd van de proefpersoon?
- Wat is het geslacht van de proefpersoon?
- Heeft de proefpersoon dyslexie?
- Draagt de proefpersoon lenzen / bril?
- Draagt de proefpersoon tijdens het beeldschermwerk lenzen / bril?
- Hoeveel uur werkt de proefpersoon per dag achter een beeldscherm?
- Welk lettertype wordt mee gewerkt?
- Welke lettertype wordt door de proefpersoon geprefereerd?
- Wat is de visus van de proefpersoon?
- Is de proefpersoon kleurenblind?
- Wat is de normale leessnelheid van de proefpersoon voor de verschillende lettertypes, voor tekst en cijfers?
- Hoeveel fouten maakt de proefpersoon normaal in een stukje tekst of cijfers in verschillende lettertypes?

Resultaten

Inleiding

Een goede verwerking van de resultaten is nodig voor een goede betrouwbaarheid van de conclusie. Omdat er niet veel proefpersonen aan het experiment hebben meegedaan, zou een vergelijking tussen de proefpersonen voor de relatie tussen tekenhoogte en factoren de betrouwbaarheid van het experiment verminderen. Individuele verschillen zouden immers voor grote uitschieters kunnen zorgen.

Er is gebleken dat de waarden van de proefpersonen nogal uiteen liggen. De ene proefpersoon reageert heftiger op bepaalde factoren dan de andere proefpersoon. Dit kan echter niet worden toegeschreven aan de verschillen in visus, voor zover te zien in dit experiment. Het vermoeden bestaat dat dit zou kunnen komen door persoonlijke voorkeur; wanneer een proefpersoon gewend is om altijd met erg kleine tekens te werken, zal deze persoon eerder kleinere tekens prettig vinden dan iemand die gewend is om met grote tekens te werken.

Door een vergelijking te doen binnen de proefpersoon wordt de vermoede voorkeur van de proefpersoon grotendeels weggefilterd. Per proefpersoon wordt gekeken welke onafhankelijke variabelen invloed hebben op de hoogte van de tekens en hoeveel procent groter of kleiner de tekens zouden moeten zijn voor een prettige leesbaarheid. De procenten kun je dan wel weer tussen de proefpersonen vergelijken. Zo wordt namelijk de beginhoogte (dus de eventuele voorkeurshoogte) onafhankelijk van de resultaten.

De algemene gegevens van de proefpersonen zijn ingevoerd in het statistiekprogramma 'SPSS'. Dit programma kan onder meer snel gemiddelden berekenen en grafieken maken. Voor de toetsen die gebruikt worden bij de analyses van de gegevens wordt ook het programma 'SPSS' gebruikt.

Aan de hand van de gegevens op de invulformulieren is per serie sheets (= per onderdeel, onderdelen staan op pagina 53) met een bepaalde factor bepaald welke puntgrootte als kleinste goed leesbaar is. Bij de bepaling wordt voornamelijk uitgegaan van het gedrag en de mening van de proefpersoon, omdat de leessnelheid en sommige fouten niet meegenomen kunnen worden.

De leessnelheid van de proefpersonen varieerde nogal binnen de proefpersonen. Dit zou kunnen komen doordat men associaties zou kunnen hebben met de voorgelezen woorden, waardoor de aandacht verslapt voor het voorlezen en de leessnelheid lager komt te liggen. Men probeert van de Latijnse woorden vaak ook begrijpelijke woorden te maken, wat de leessnelheid beïnvloedt.

Daarbij hadden sommige proefpersonen moeite met het (uitspreken van) Latijn en maakten daardoor meer fouten dan anderen. Het hing soms ook van de tekst af of men fouten maakte of niet, hoewel er bij het maken van de tekst wel rekening was gehouden met de uitspreekbaarheid. Sommige proefpersonen wilden zo snel mogelijk de tekst lezen, hoewel vooraf gezegd werd dat het niet om snel lezen ging en dat de

proefpersoon zo snel mocht lezen als hij of zij wilde. Door het snel lezen maakte men soms ook fouten. Dit komt vaak door niet zorgvuldig lezen of doordat men sneller de tekens waarneemt dan dat er uitgesproken kan worden. Het aantal fouten en haperingen kan door deze punten verkeerd worden geïnterpreteerd en daarom is dit aspect niet zwaar meegerekend.

De prettig leesbare puntgrootte van een teken met bepaalde factor (cleartype, kleur, kijkafstand of lettertype), die blijkt uit de gegevens, is omgezet in de werkelijke hoogte van de letter e en de werkelijke hoogte van het teken 8.

Dit gebeurt door de volgende berekening.

Het scherm dat gebruikt is in het experiment is een 17" TFT/LCD-scherm. Het scherm is 338 mm breed en 270 mm hoog. Als resolutie wordt 1280 bij 1024 gebruikt.

De pixelhoogte is nu: $270 / 1024 = 0,2637\text{mm}$

Elke puntgrootte heeft een andere hoeveelheid pixels in de hoogte voor de letter e en het cijfer 8.

De hoogte van de letter e is het aantal pixels in de hoogte (voor die bepaalde puntgrootte) maal de pixelhoogte.

In bijlage 8 is een tabel opgenomen met de hoogte van de e in Verdana en Arial en de hoogte van de 8 in Verdana en Arial in pixels en in mm.

Algemene gegevens

Omgevingsvariabelen

De lichtsterkte van de omgeving zat tussen de 200 en 280 lux.

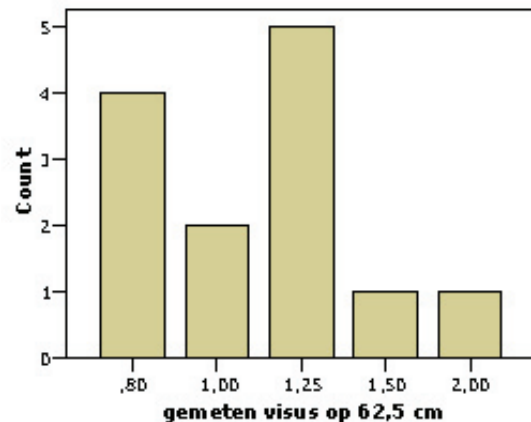
De instellingen van het beeldscherm wat betreft de helderheid zijn door het gehele experiment onveranderd gebleven. Metingen door middel van een spotmeter gaven de volgende waarden:

Zwart	0,5 cd/m ²	r=0, g=0, b=0
Wit	185 cd/m ²	r=255, g=255, b=255
Lichtgrijs	183 cd/m ²	r=240, g=240, b=240
Donkergrijs	10 cd/m ²	r=96, g=96, b=96
Roodoranje	54 cd/m ²	r=251, g=102, b=65

Gegevens van de proefpersonen

Er zijn totaal 13 proefpersonen geweest die deel hebben genomen aan het experiment. Onder de proefpersonen waren 7 mannen en 6 vrouwen. Geen van de proefpersonen had dyslexie. Alle proefpersonen zaten gemiddeld 2 uur of meer per dag achter een beeldscherm met een gemiddelde van 5,5 uur.

Visus



De gemiddelde visus over de 13 proefpersonen op 5 m is 1,2 en de gemiddelde visus op 62,5 cm is ook 1,2.

Leeftijd

De verdeling van de leeftijd was als volgt:

20 – 22 jaar 6 proefpersonen

29 – 37 jaar 4 proefpersonen

50 – 55 jaar 3 proefpersonen

De gemiddelde leeftijd van de proefpersonen was 32 jaar.

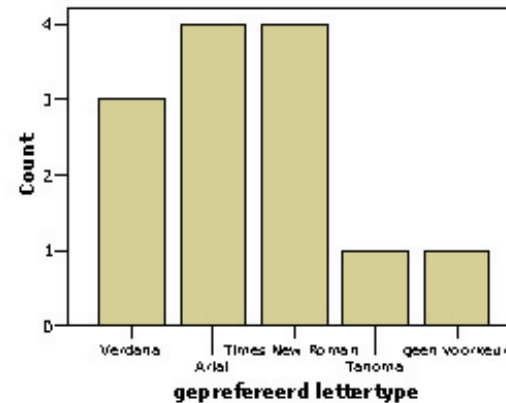
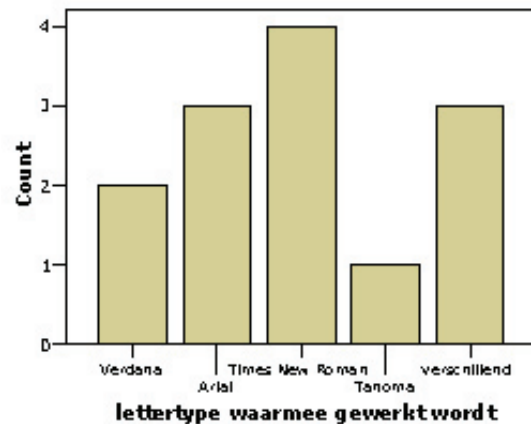
Correctie voor de ogen tijdens het beeldschermwerk

Van de 13 proefpersonen droegen er 6 een bril en 1 lenzen tijdens het beeldschermwerk.

Kleurenblind

Van de 13 proefpersonen waren er 2 kleurenblind.

Het lettertype waar doorgaans mee gewerkt wordt *Het lettertype dat men vooraf het prettigst vindt lezen*



Relatie tussen visus en tekenhoogte

Inleiding

De verwachting was dat de relatie tussen de visus en de prettig leesbare tekenhoogte rechtevenredig is. Door middel van een spreidingsdiagram kan men bekijken of er een samenhang is tussen twee variabelen. Wanneer men een rechte lijn door de punten in het spreidingsdiagram kan trekken die de punten goed benaderd, is er een lineair verband tussen de twee variabelen. Als er een lineair verband ontdekt kan worden wordt de hypothese (er is rechtevenredigheid) aangenomen.

Naast het spreidingsdiagram wordt er gebruik gemaakt van de volgende toetsen om de samenhang tussen de twee variabelen te bekijken: de Kendall's tau-b en de Spearman correlatiecoëfficiënt. Hiervoor moeten de variabelen minimaal ordinaal zijn en daaraan voldoen deze variabelen. Het programma 'SPSS' neemt als H_0 dat er geen correlatie is en als H_a dat er wel correlatie is. Er wordt een α van 0,05 aangehouden.

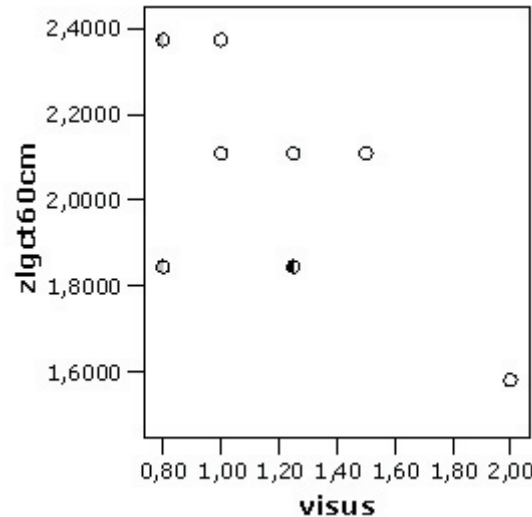
Omdat al bekend is dat als er een verband zal zijn deze negatief is (hoe hoger de visus hoe kleiner het teken), moet er eenzijdig getoetst worden.

In bijlage 9 staan de gegevens van de proefpersonen gesorteerd op visus. Uit deze tabellen is af te leiden dat er verschil is in waarden tussen de proefpersonen met dezelfde visus. Dit zou een indicatie kunnen zijn dat de visus niet erg veel invloed heeft op de prettig leesbare hoogte van de tekens. Deze tabel slaat op alle onderzochte factoren.

Omdat sommige gegevens over elkaar vallen in het spreidingsdiagram, wordt het aantal als volgt weergegeven:

- = één persoon
- ⊗ = twee personen
- ⊙ = drie personen
- ⦿ = vier personen
- = vijf personen

Testresultaten - Visus en cleartype tekst op 60 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

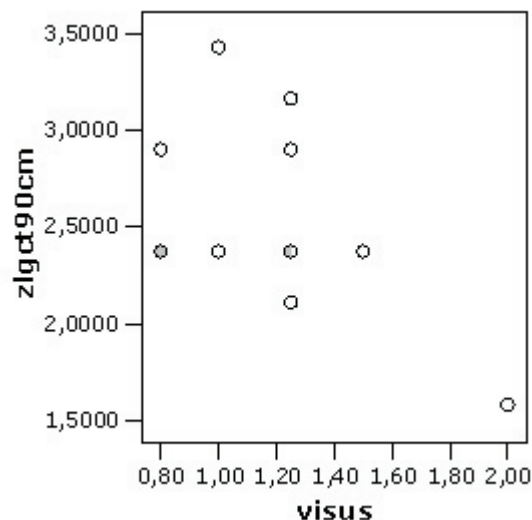
Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,305
		Sig. (2-tailed)	.	,216
		N	13	13
	zlgct60cm	Correlation Coefficient	-,305	1,000
		Sig. (2-tailed)	,216	.
		N	13	13
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,335
		Sig. (2-tailed)	.	,263
		N	13	13
	zlgct60cm	Correlation Coefficient	-,335	1,000
		Sig. (2-tailed)	,263	.
		N	13	13

Kendall's tau - b
 $0,216 / 2 = 0,108$
 $0,108 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Spearman's rho
 $0,263 / 2 = 0,1315$
 $0,1315 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Er is geen lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en cleartype tekst op 90 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

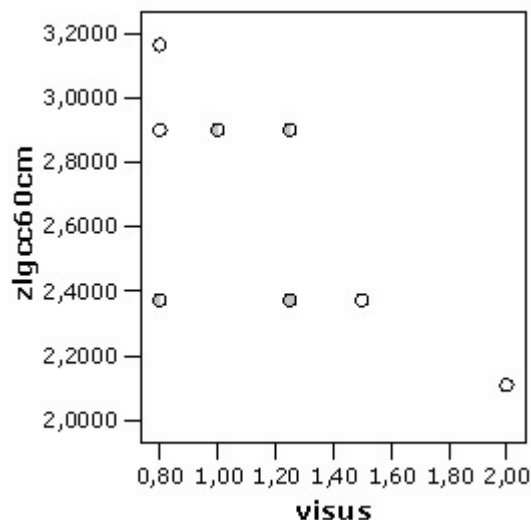
			Correlations	
Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-.257
		Sig. (2-tailed)	.	.292
		N	13	13
	zlgct90cm	Correlation Coefficient	-.257	1,000
		Sig. (2-tailed)	.292	.
		N	13	13
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-.299
		Sig. (2-tailed)	.	.322
		N	13	13
	zlgct90cm	Correlation Coefficient	-.299	1,000
		Sig. (2-tailed)	.322	.
		N	13	13

Kendall's tau - b
 $0,292 / 2 = 0,146$
 $0,146 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Spearman's rho
 $0,322 / 2 = 0,161$
 $0,161 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Er is geen lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en cleartype cijfers op 60 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

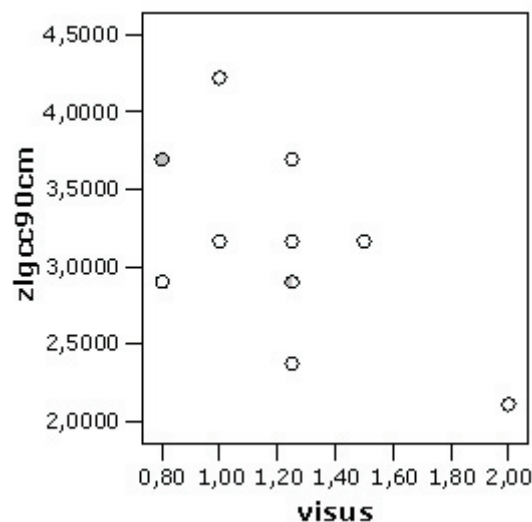
Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,457	
		Sig. (2-tailed)	.	,069	
		N	13	13	
	zlgcc60cm	Correlation Coefficient	-,457	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,069	.	
		N	13	13	
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,489	
		Sig. (2-tailed)	.	,090	
		N	13	13	
	zlgcc60cm	Correlation Coefficient	-,489	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,090	.	
		N	13	13	

Kendall's tau - b
 $0,069 / 2 = 0,0345$
 $0,0345 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Spearman's rho
 $0,090 / 2 = 0,045$
 $0,045 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Er is wel een negatief lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en cleartype cijfers op 90 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

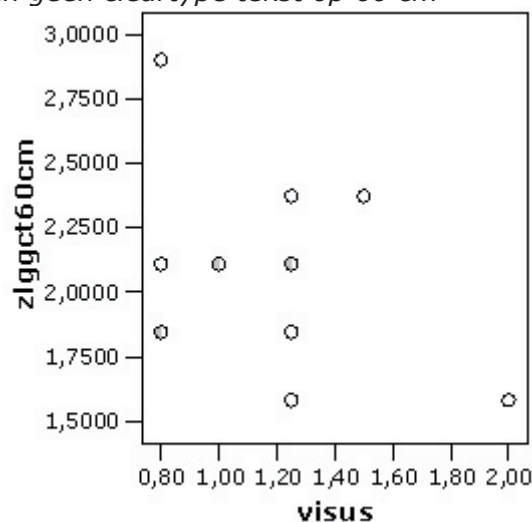
Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,457
		Sig. (2-tailed)	.	,055
		N	13	13
	zlgcc90cm	Correlation Coefficient	-,457	1,000
		Sig. (2-tailed)	,055	.
		N	13	13
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,552
		Sig. (2-tailed)	.	,050
		N	13	13
	zlgcc90cm	Correlation Coefficient	-,552	1,000
		Sig. (2-tailed)	,050	.
		N	13	13

Kendall's tau - b
 $0,055 / 2 = 0,0275$
 $0,0275 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Spearman's rho
 $0,050 / 2 = 0,025$
 $0,025 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Er is wel een negatief lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en geen cleartype tekst op 60 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

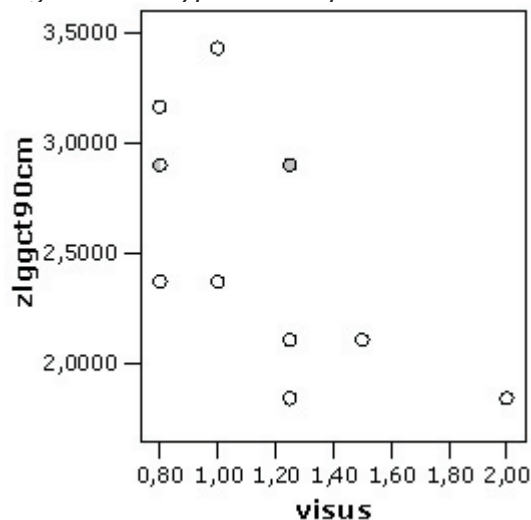
		Correlations		
Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,081
		Sig. (2-tailed)	.	,738
		N	13	13
	zlggct60cm	Correlation Coefficient	-,081	1,000
		Sig. (2-tailed)	,738	.
		N	13	13
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-,131
		Sig. (2-tailed)	.	,669
		N	13	13
	zlggct60cm	Correlation Coefficient	-,131	1,000
		Sig. (2-tailed)	,669	.
		N	13	13

Kendall's tau - b
 $0,738 / 2 = 0,369$
 $0,369 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Spearman's rho
 $0,669 / 2 = 0,3345$
 $0,3345 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Er is geen lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en geen cleartype tekst op 90 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

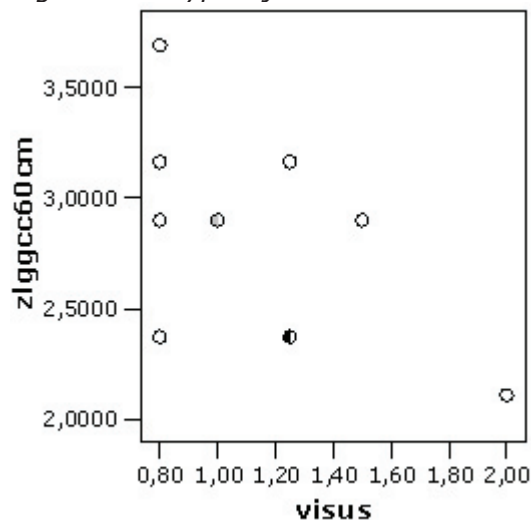
			visus	zlggct90cm
Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-.476*
		Sig. (2-tailed)	.	,046
		N	13	13
	zlggct90cm	Correlation Coefficient	-.476*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,046	.
		N	13	13
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-.576*
		Sig. (2-tailed)	.	,040
		N	13	13
	zlggct90cm	Correlation Coefficient	-.576*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,040	.
		N	13	13

Kendall's tau - b
 $0,046 / 2 = 0,023$
 $0,023 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Spearman's rho
 $0,040 / 2 = 0,020$
 $0,020 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Er is wel een negatief lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en geen cleartype cijfers 60 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

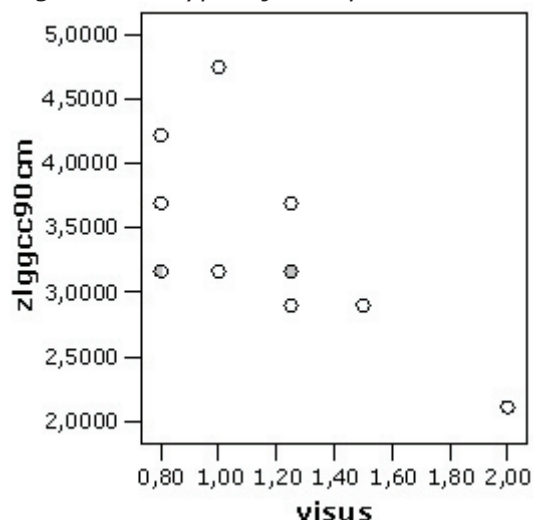
Kendall's tau_b				
visus	Correlation Coefficient	1,000	-	
	Sig. (2-tailed)	.	,475	
	N	13	13	
zlggoc60cm	Correlation Coefficient	-.475	1,000	
	Sig. (2-tailed)	,051	.	
	N	13	13	
Spearman's rho				
visus	Correlation Coefficient	1,000	-	
	Sig. (2-tailed)	.	,532	
	N	13	13	
zlggoc60cm	Correlation Coefficient	-.532	1,000	
	Sig. (2-tailed)	,062	.	
	N	13	13	

Kendall's tau - b
 $0,051 / 2 = 0,0255$
 $0,0255 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Spearman's rho
 $0,062 / 2 = 0,031$
 $0,031 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Er is wel een negatief lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Visus en geen cleartype cijfers op 90 cm



Er is geen duidelijk lineair verband te zien in het spreidingsdiagram.

Correlations

Kendall's tau_b	visus	Correlation Coefficient	1,000	-.635**
		Sig. (2-tailed)	.	.008
		N	13	13
	zlggoc90cm	Correlation Coefficient	-.635**	1,000
		Sig. (2-tailed)	.008	.
		N	13	13
Spearman's rho	visus	Correlation Coefficient	1,000	-.732**
		Sig. (2-tailed)	.	.004
		N	13	13
	zlggoc90cm	Correlation Coefficient	-.732**	1,000
		Sig. (2-tailed)	.004	.
		N	13	13

Kendall's tau - b
 $0,008 / 2 = 0,004$
 $0,004 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Spearman's rho
 $0,004 / 2 = 0,002$
 $0,002 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen.

Er is wel een negatief lineair verband te vinden tussen de visus en de tekenhoogte voor deze variabele.

Samenvatting

Uit de verschillende toetsen blijkt dat er voor sommige variabelen wel een lineair verband te vinden is tussen de tekenhoogte en de visus. Maar voor andere variabelen is er geen lineair verband te ontdekken. Er kan dus niet zomaar gezegd worden dat de visus en de tekenhoogte een lineair verband hebben. De verwachting was dat de relatie tussen de visus en de prettig leesbare tekenhoogte rechtevenredig is. De gegevens die in dit experiment gevonden zijn, zijn niet sterk genoeg om deze hypothese te accepteren. Voor de rest van de verwerking van de gegevens zal er niet uitgegaan worden van een lineair verband tussen de visus en de tekenhoogte, omdat dit verband (nog) te onzeker is. De ruwe gegevens zullen daarom niet gecorrigeerd worden.

Relatie tussen tekenhoogte en factoren

Inleiding

In bijlage 10 staan de prettig leesbare tekenhoogtes voor de verschillende proefpersonen. Er is al te zien dat de prettig leesbare tekenhoogte nogal verschilt per proefpersoon.

Er is per hypothese bekeken welke prettig leesbare tekenhoogtes van de proefpersonen daarbij horen.

Dit is een voorbeeld voor de hypothese Verdana vs. Arial:

Hypothese Verdana vs. Arial op 90 cm

Arial zal een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan Verdana.

Tekst

Proef persoon	Visus	Verdana	Arial	Hoogte voor Arial (in verhouding met Verdana)
1	1,25	2,3730	2,6367	111%
2	0,80	2,3730	3,4277	144%

Cijfers

Proef persoon	Visus	Verdana	Arial	Hoogte voor Arial (in verhouding met Verdana)
1	1,25	3,1641	3,1641	100%
2	0,80	3,6914	3,9551	107%

Hierboven is te zien dat proefpersoon 1 een visus heeft van 1,25 en voor Verdana 2,373046875 mm als hoogte van de letter e het prettigst vindt lezen. Voor Arial is dit 2,636718750 mm. Arial moet dus 111% groter zijn dan Verdana als deze proefpersoon beide lettertypes als prettig leesbaar ingesteld wil hebben. Bij de cijfers zien we bij proefpersoon 1 dat Verdana en Arial dezelfde prettig leesbare tekenhoogte hebben. Voor elke proefpersoon wordt nu bekeken hoeveel procent groter of kleiner de tekens zouden moeten voor elke hypothese. Per hypothese wordt geteld hoeveel proefpersonen de tekens groter, kleiner of hetzelfde wilden hebben.

Door middel van een tekentoets kan er nu gekeken worden of de hypothese aangenomen of verworpen zou moeten worden. De personen die hetzelfde willen hebben worden niet meegenomen in de tekentoets; zij hebben namelijk weinig invloed. In bijlage 11 staat de tabel die hoort bij de tekentoets voor kleine steekproefgroottes. Er wordt gekeken hoeveel proefpersonen er mee doen in de toets en hoeveel daarvan het kleiner wilden hebben. Met deze waarden kan vervolgens de kans worden opgezocht en kan deze getoetst worden aan de significantiedrempel, in dit geval 10%. Vervolgens kan op basis van deze gegevens de hypothese aangenomen of verworpen worden.

Testresultaten

Letterttype: Verdana vs. Arial

Verdana vs. Arial op 90 cm (met cleartype, zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond)

Tekst

Arial groter dan Verdana
6 personen

hetzelfde
6 personen

Arial kleiner dan Verdana
1 persoon

Cijfers

Arial groter dan Verdana
8 personen

hetzelfde
5 personen

Arial kleiner dan Verdana
0 personen

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 7 een kans hoort van 0,062 en dit is kleiner dan 0,10, dus er is wel degelijk verschil in waarden. Bij N = 8 hoort een waarde van 0,004 en is dus kleiner dan 0,10. Ook hier is een verschil in waarden bewezen.

De tekens in Arial moeten zeker niet kleiner getoond worden dan de tekens in Verdana, liever hetzelfde of zelfs groter. De hypothese wordt dus aangenomen.

Verdana vs. Arial op 90 cm met een horizontale kijkhoek van 45° (met cleartype, zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond)

Tekst

Arial groter dan Verdana
9 personen

hetzelfde
4 personen

Arial kleiner dan Verdana
0 personen

Cijfers

Arial groter dan Verdana
10 personen

hetzelfde
3 personen

Arial kleiner
0 personen

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 9 een kans hoort van 0,002 en dit is kleiner dan 0,10, dus er is wel degelijk verschil in waarden. Bij N = 10 hoort een waarde van 0,001 en is dus kleiner dan 0,10. Ook hier is een verschil in waarden bewezen.

Voor cijfers en tekst blijkt dat de tekens in Arial groter getoond moeten worden dan Verdana als men op 90 cm kijkafstand zit met een horizontale kijkhoek van 45°. De hypothese wordt dus aangenomen.

Recht voor het scherm vs. schuin voor het scherm

90 cm kijkafstand loodrecht op het scherm vs. 90 cm kijkafstand met een horizontale kijkhoek van 45° (met cleartype, zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond, Verdana)

Tekst

45° groter dan loodrecht
10 personen

hetzelfde
3 personen

45° kleiner dan loodrecht
0 personen

Cijfers

45° groter dan loodrecht
10 personen

hetzelfde
3 personen

45° kleiner dan loodrecht
0 personen

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 10 een kans hoort van 0,001 en dit is kleiner dan 0,10, dus er is wel degelijk verschil in waarden. Bij N = 10 hoort een waarde van 0,001 en is dus kleiner dan 0,10. Ook hier is een verschil in waarden bewezen.

Voor tekst en cijfers blijkt dat de tekens groter moeten wanneer men op 90 cm kijkafstand zit met een horizontale kijkhoek van 45°. De hypothese wordt dus aangenomen.

Cleartype vs. geen cleartype

Cleartype vs. geen cleartype (zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond, 60 cm kijkafstand, Verdana)

Tekst

geen cleartype groter dan cleartype	hetzelfde	geen cleartype kleiner dan cleartype
3 personen	6 personen	4 personen

Cijfers

geen cleartype groter dan cleartype	hetzelfde	geen cleartype kleiner dan cleartype
4 personen	8 personen	1 persoon

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 7 een kans hoort van 0,773 en dit is groter dan 0,10, dus er is geen verschil in waarden. Bij N = 5 hoort een waarde van 0,188 en is groter dan 0,10. Ook hier is er geen verschil in waarden.

Het gebruik van cleartype of geen cleartype heeft weinig invloed op de prettig leesbare hoogte van de tekens. De hypothese wordt dus niet aangenomen.

Cleartype vs. geen cleartype (zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond, 90 cm kijkafstand)

Tekst

geen cleartype groter dan cleartype	hetzelfde	geen cleartype kleiner dan cleartype
5 personen	4 personen	4 personen

Cijfers

geen cleartype groter dan cleartype	hetzelfde	geen cleartype kleiner dan cleartype
6 personen	5 personen	2 personen

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 9 een kans hoort van 0,5 en dit is groter dan 0,10, dus er is geen verschil in waarden. Bij N = 8 hoort een waarde van 0,145 en is groter dan 0,10. Ook hier is er geen verschil in waarden.

Het gebruik van cleartype of geen cleartype heeft weinig invloed op de prettig leesbare hoogte van de tekens. De hypothese wordt dus niet aangenomen.

Cleartype vs. geen cleartype (roodoranje tekst en cijferreeks op donkergrijze achtergrond, 60 cm kijkafstand, Verdana)

Tekst

geen cleartype groter dan cleartype	hetzelfde	geen cleartype kleiner dan cleartype
3 personen	6 personen	4 personen

Cijfers

geen cleartype groter dan cleartype	hetzelfde	geen cleartype kleiner dan cleartype
2 personen	10 personen	1 persoon

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 7 een kans hoort van 0,773 en dit is groter dan 0,10, dus er is geen verschil in waarden. Bij N = 3 geeft men geen waarden op in de tabel. Gezien de gegevens hier zal er waarschijnlijk geen verschil zijn.

Er is weinig verschil te zien wat betreft cleartype of geen cleartype voor roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond. De hypothese was dat er minder effect te merken zou zijn dan bij zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond, dus deze hypothese wordt aangenomen.

Kleur vs. zwart op lichtgrijs

Zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond vs. roodoranje tekst en cijferreeks op donkergrijze achtergrond (60 cm, geen cleartype, Verdana)

Tekst

Roodoranje op donkergrijs groter dan zwart op lichtgrijs	hetzelfde	roodoranje op donkergrijs kleiner dan zwart op lichtgrijs
5 personen	5 personen	3 personen

Cijfers

Roodoranje op donkergrijs groter dan zwart op lichtgrijs	hetzelfde	roodoranje op donkergrijs kleiner dan zwart op lichtgrijs
3 personen	8 personen	2 personen

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 8 een kans hoort van 0,363 en dit is groter dan 0,10, dus er is geen verschil in waarden. Bij N = 5 hoort een waarde van 0,5 en is groter dan 0,10. Ook hier is er geen verschil

in waarden.

Het gebruik van roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond heeft weinig invloed op de prettig leesbare hoogte van de tekens ten opzichte van zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond. De hypothese wordt dus niet aangenomen.

Zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond vs. roodoranje tekst en cijferreeks op donkergrijze achtergrond (60 cm, cleartype, Verdana)

Tekst

Roodoranje op donkergrijs groter dan zwart op lichtgrijs 5 personen	hetzelfde 6 personen	roodoranje op donkergrijs kleiner dan zwart op lichtgrijs 2 personen
---	-------------------------	--

Cijfers

Roodoranje op donkergrijs groter dan zwart op lichtgrijs 5 personen	hetzelfde 6 personen	roodoranje op donkergrijs kleiner dan zwart op lichtgrijs 2 personen
---	-------------------------	--

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 7 een kans hoort van 0,227 en dit is groter dan 0,10, dus er is geen verschil in waarden. Bij N = 7 hoort een waarde van 0,227 en is groter dan 0,10. Ook hier is er geen verschil in waarden.

Het gebruik van roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond heeft weinig invloed op de prettig leesbare hoogte van de tekens ten opzichte van zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond. De hypothese wordt dus niet aangenomen.

Zwarte tekst en cijferreeks op lichtgrijze achtergrond vs. witte tekst en zwart op donkergrijze achtergrond (60 cm, cleartype, Verdana)

Tekst

Wit op zwart groter dan zwart op lichtgrijs 5 personen	hetzelfde 7 personen	wit op zwart kleiner dan zwart op lichtgrijs 1 persoon
--	-------------------------	--

Cijfers

Wit op zwart groter dan zwart op lichtgrijs 5 personen	hetzelfde 7 personen	wit op zwart kleiner dan zwart op lichtgrijs 1 persoon
--	-------------------------	--

Uit de tabel blijkt dat bij een N van 6 een kans hoort van 0,016 en dit is kleiner dan 0,10, dus er is wel verschil in waarden. Bij N = 6 hoort een waarde van 0,016 en is kleiner dan 0,10. Ook hier is er wel verschil in waarden.

Witte tekens op een zwarte achtergrond moeten zeker niet kleiner dan zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond, liefst groter. De hypothese was dat er weinig tot geen verschil zou optreden tussen witte tekst op een zwarte achtergrond en zwarte tekst op een lichtgrijze achtergrond. De hypothese is dus niet aangenomen.

Samenvatting

Lettype: Verdana vs. Arial

Arial zal een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan Verdana. Deze hypothese is aangenomen voor recht voor het scherm en voor schuin voor het scherm. De tekens in Arial hebben een grotere prettig leesbare tekenhoogte dan de tekens in Verdana.

Recht voor het scherm vs. schuin voor het scherm

De verwachting was dat de prettig leesbare hoogte van de tekens voor de horizontale kijkhoek van 45° groter is dan voor een kijkhoek die loodrecht op het scherm staat. Deze hypothese is aangenomen; de tekens moeten groter worden afgebeeld wanneer men een horizontale kijkhoek heeft van 45°.

Cleartype vs. geen cleartype

De hypothese hier was dat de tekens met cleartype op 60 cm kijkafstand minder goed leesbaar zijn dan zonder cleartype. Deze hypothese is niet aangenomen. Het bleek dat er geen verschil was in de prettig leesbare tekenhoogtes met cleartype en de prettig leesbare tekenhoogtes zonder cleartype. Er was ook geen verschil te vinden op 90 cm kijkafstand. Dus de hypothese 'tekens met cleartype op 90 cm kijkafstand zijn beter leesbaar' is niet aangenomen.

De hypothese voor cleartype vs. geen cleartype voor tekens in het roodoranje was dat wanneer de uitkomst uit de hypothese 'cleartype vs. geen cleartype voor zwart op lichtgrijs op 60 cm kijkafstand' is dat cleartype duidelijk beter is, het effect hier minder groot is. Omdat er in alle drie gevallen geen verschil op te merken was, is het effect bij roodoranje tekens minder groot, ofwel geen, dus deze hypothese is aangenomen.

Kleur vs. zwart op lichtgrijs

De hypothese was dat roodoranje tekens zonder cleartype op een donkergrijze achtergrond een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan zwarte tekens zonder cleartype op een lichtgrijze achtergrond.

Deze hypothese is niet aangenomen, evenals de hypothese dat roodoranje tekens met cleartype op een donkergrijze achtergrond een grotere prettig leesbare tekenhoogte hebben dan zwarte tekens met cleartype op een lichtgrijze achtergrond.

Een andere hypothese was dat er weinig tot geen verschil zal optreden tussen de prettig leesbare tekenhoogte van zwart op lichtgrijs en van wit op zwart. Deze hypothese is niet aangenomen, omdat er geen verschil te vinden was tussen deze tekenhoogtes.

60 cm kijkafstand vs. 90 cm kijkafstand

Inleiding

De hypothese luidt dat de tekens op 90 cm afstand in verhouding kleiner afgebeeld mogen worden om nog prettig leesbaar te zijn dan de tekens op 60 cm. Wanneer de waarden van zwarte tekst en cijferreeks op een lichtgrijze achtergrond met cleartype op 60 cm kijkafstand gedeeld worden door 6 en de waarden van 90 cm kijkafstand gedeeld worden door 9, kunnen de waarden vergeleken worden.

Ditzelfde gebeurt ook voor de tekst en cijferreeks zonder cleartype.

Wanneer men twee gemiddelden wil vergelijken en de variabele is op rationiveau dan gebruikt men de independent sample t-test. Voor het gebruik van de independent sample t-test wordt wel vereist dat de variabelen normaal verdeeld zijn. In bijlage 12 is terug te vinden dat de hier gebruikte variabelen normaal verdeeld zijn.

'SPSS' stelt als nulhypothese dat de twee gemiddelden aan elkaar gelijk zijn.

De hypothesen voor deze toetsing zijn:

$$H_0 : \mu_{60 \text{ cm}} = \mu_{90 \text{ cm}}$$

$$H_a : \mu_{60 \text{ cm}} > \mu_{90 \text{ cm}}$$

Dit is een eenzijdige toets en daarom moet de uitkomst door twee gedeeld worden.

In SPSS wordt de t-toets uitgevoerd met een betrouwbaarheid van 95%. Dit geeft een α van 0,05.

Testresultaten

Cleartype tekst

Group Statistics

					Std. Error
zlgctper10cm	60	13	,344802	,0394944	,0109538
	90	13	,279447	,0529717	,0146917

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
zlgctper10cm	3,566	22,192	,002	,0653546	,0183257	,0273684	,1033407

Omdat er eenzijdig getoetst wordt moet de overschrijdingskans worden gedeeld door 2. De overschrijdingskans is nu 0,001.

$0,001 < 0,05$ dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor 60 cm is relatief hoger dan de gemiddelde tekenhoogte voor 90 cm.

Geen cleartype tekst

Group Statistics

					Std. Error
zlggctper10cm	60	t3	,344802	,0590847	,0163871
	90	t3	,288462	,0571679	,0158555

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
zlgctper10cm	3,566	22,192	,002	,0653546	,0183257	,0273684	,1033407

Omdat er eenzijdig getoetst wordt moet de overschrijdingskans worden gedeeld door 2. De overschrijdingskans is nu 0,0105.
 $0,0105 < 0,05$ dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor 60 cm is relatief hoger dan de gemiddelde tekenhoogte voor 90 cm.

Cleartype cijfers

Group Statistics

				Std. Error
zlgccper10cm	60	13	,436073	,0551846
	90	13	,356070	,0653416

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
zlgccper10cm	3,373	23,346	,003	,0800030	,0237209	,0309728	,1290332

Omdat er eenzijdig getoetst wordt moet de overschrijdingskans worden gedeeld door 2. De overschrijdingskans is nu 0,0015.
 $0,0015 < 0,05$ dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor 60 cm is relatief hoger dan de gemiddelde tekenhoogte voor 90 cm.

Geen cleartype cijfers

Group Statistics

					Std. Error
zlggocper10cm	60	13	,458355	,0751333	,0208382
	90	13	,378606	,0770138	,0213598

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means					
	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
zlggccper10cm	23,985	,016	,0777494	,0298408	,0161591	,1393397

Omdat er eenzijdig getoetst wordt moet de overschrijdingskans worden gedeeld door 2. De overschrijdingskans is nu 0,008.

$0,008 < 0,05$ dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor 60 cm is relatief hoger dan de gemiddelde tekenhoogte voor 90 cm.

Samenvatting

De H_0 was dat er geen verschil was in tekenhoogte tussen 60 cm kijkafstand en 90 cm kijkafstand. In alle vier gevallen is de H_0 verworpen, dus er is wel verschil.

De hypothese voor dit onderdeel was dat de tekens op 90 cm afstand kleiner afgebeeld mogen worden om nog prettig leesbaar te zijn dan de tekens op 60 cm.

Deze hypothese wordt nu aangenomen. Dit betekent dat de prettig leesbare tekenhoogte voor 90 cm kijkafstand in verhouding lager ligt dan voor 60 cm kijkafstand.

Toetsing aan de genormeerde richtlijn

Inleiding

Volgens de genormeerde richtlijn is de prettig leesbare tekenhoogte ongeveer 20 boogminuten (kijkafstand is 170 x tekenhoogte).

De formule luidt: $\text{tekenhoogte} = (\text{boogminuten} \times 2\pi \times \text{kijkafstand}) / (360 \times 60)$.

Volgens de genormeerde richtlijn moet de tekenhoogte op 60 cm kijkafstand 3,4907 mm zijn.

Volgens de genormeerde richtlijn moet de tekenhoogte op 90 cm kijkafstand 5,2360 mm zijn.

De richtlijn is gebaseerd op de hoofdletter H. De gegevens uit dit experiment voor tekst zijn derhalve omgezet in de hoogte van de hoofdletter H. De gegevens voor de cijfers blijven hetzelfde, omdat de cijfers even hoog zijn als de hoofdletters.

Deze twee waarden gaan getoetst worden aan de waarden van de zwarte tekst en cijferreeks op een lichtgrijze achtergrond in cleartype Verdana (op 60 en 90 cm kijkafstand) en aan waarden van de zwarte tekst en cijferreeks op een lichtgrijze achtergrond in cleartype Arial op 90 cm.

Omdat deze waarden 'ratiowaarden' zijn en het doel van de analyse een steekproefgemiddelde toetsen aan een ander gemiddelde of andere waarde is, moet er gebruik gemaakt worden van de statistische analysemethode 't-toets voor één steekproef', ofwel 'One-Sample T Test'. Deze toets vereist echter wel een normale verdeling voor de variabelen. In bijlage 12 is te zien dat deze variabelen allemaal normaal verdeeld zijn.

Omdat de visus weinig invloed heeft op de tekenhoogte, wordt de visus hier ook niet meegenomen. Als α wordt 0,05 genomen. De uitkomst bij 'Sig. (2-tailed)' moet gedeeld door twee worden, omdat er tweezijdig getoetst wordt en de hypothese eenzijdig is.

Door middel van het histogram kan men zien hoe ver het gevonden gemiddelde af ligt van de genormeerde tekenhoogte.

Testresultaten

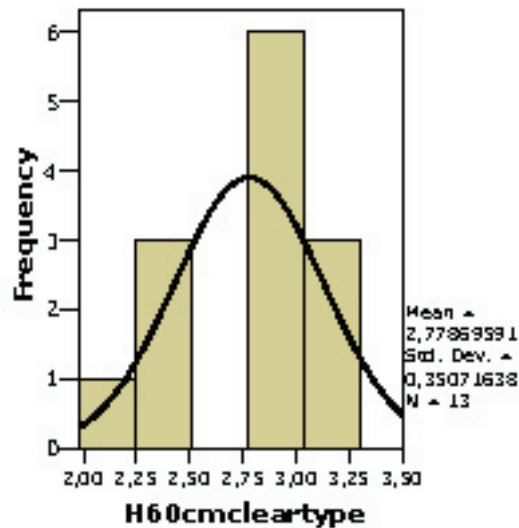
Cleartype tekst in Verdana op 60 cm kijkafstand

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
H60cmcleartype	13	2,778696	,350716380	,09727122

One-Sample Test

	Test Value = 3.4907					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
H60cmcleartype	-7,320	12	,000	-,7120041	-,923940	-,500068



$$H_0 : \mu_{60 \text{ cm}} = 3,6652$$

$$H_a : \mu_{60 \text{ cm}} < 3,6652$$

$$\alpha = 0,05$$

$0,000 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor cleartype tekst in Verdana op 60 cm is dus kleiner dan 3,4907.

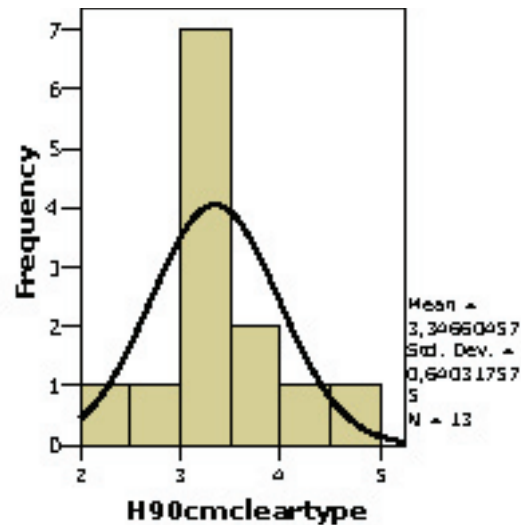
Cleartype tekst in Verdana op 90 cm kijkaafstand

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
H90cmcleartype	13	3,346605	,640317575	,17759214

One-Sample Test

	Test Value = 5.2360					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
H90cmcleartype	-10,639	12	,000	-1,889395	-2,27634	-1,50246



$$H_0 : \mu_{90 \text{ cm}} = 5,2360$$

$$H_a : \mu_{90 \text{ cm}} < 5,2360$$

$$\alpha = 0,05$$

0,000 < 0,05, dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor cleartype tekst in Verdana op 90 cm is dus kleiner dan 5,2360.

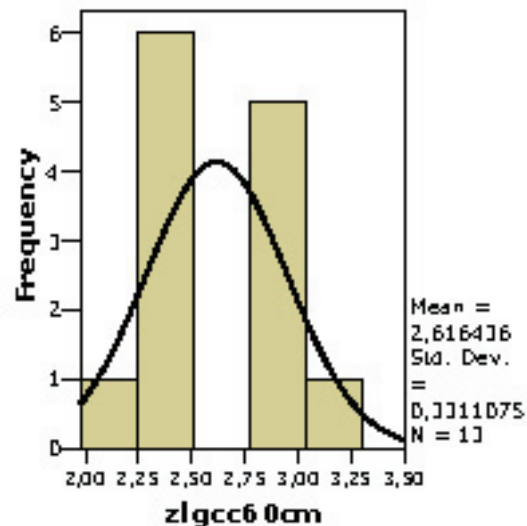
Cleartype cijfers in Verdana op 60 cm kijkafstand

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
zlgcc60cm	13	2,616436	,3311075	,0918327

One-Sample Test

	Test Value = 3.4907					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
zlgcc60cm	-9,520	12	,000	-,8742637	-1,074350	-,674177



$$H_0 : \mu_{60 \text{ cm}} = 3,4907$$

$$H_a : \mu_{60 \text{ cm}} < 3,4907$$

$$\alpha = 0,05$$

0,000 < 0,05, dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor cleartype cijfers in Verdana op 60 cm is dus kleiner dan 3,4907.

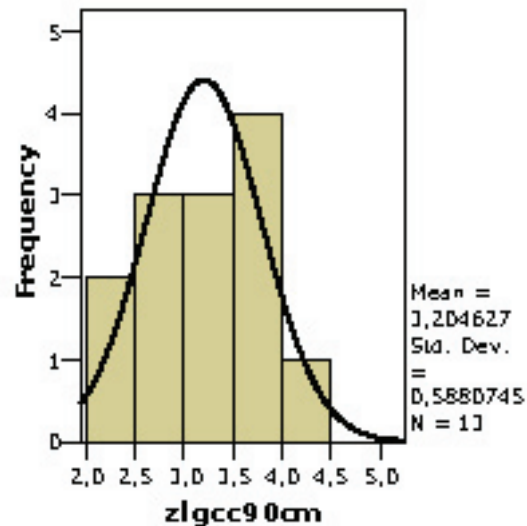
Cleartype cijfers in Verdana op 90 cm kijkafstand

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
zlgcc90cm	13	3,204627	,5880745	,1631025

One-Sample Test

	Test Value = 5.2360					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
zlgcc90cm	-12,455	12	,000	-2,0313726	-2,386742	-1,676003



$$H_0 : \mu_{90 \text{ cm}} = 5,2360$$

$$H_a : \mu_{90 \text{ cm}} < 5,2360$$

$$\alpha = 0,05$$

0,000 < 0,05, dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor cleartype cijfers in Verdana op 90 cm is dus kleiner dan 5,2360.

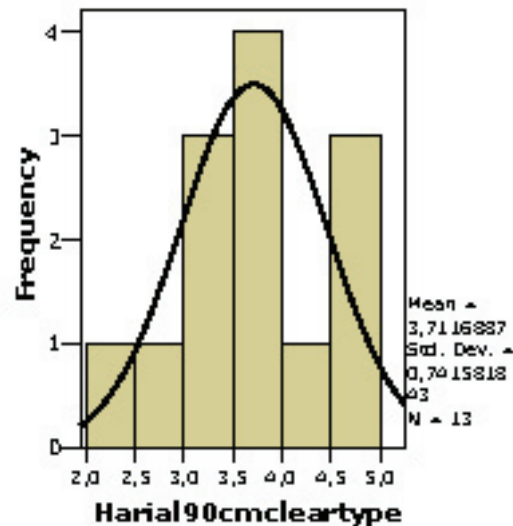
Cleartype tekst in Arial op 90 cm kijkafstand

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harial90cmcleartype	13	3,711689	,741581843	,20567780

One-Sample Test

	Test Value = 5.2360					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Harial90cmcleartype	-7,411	12	,000	-1,524311	-1,97244	-1,07618



$$H_0 : \mu_{90 \text{ cm}} = 5,2360$$

$$H_a : \mu_{90 \text{ cm}} < 5,2360$$

$$\alpha = 0,05$$

0,000 < 0,05, dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor cleartype tekst in Arial op 90 cm is dus kleiner dan 5,2360.

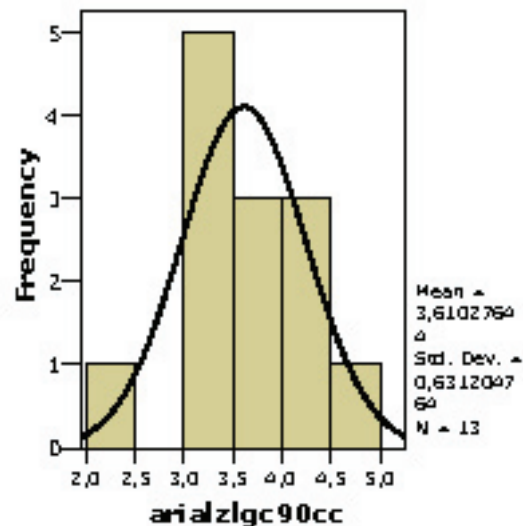
Cleartype cijfers in Arial op 90 cm kijkafstand

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
arialzlgc90cc	13	3,610276	,631204764	,17506470

One-Sample Test

	Test Value = 5.2360					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
arialzlgc90cc	-9,286	12	,000	-1,625724	-2,00716	-1,24429



$$H_0 : \mu_{90 \text{ cm}} = 5,2360$$

$$H_a : \mu_{90 \text{ cm}} < 5,2360$$

$$\alpha = 0,05$$

0,000 < 0,05, dus H_0 wordt verworpen. De gemiddelde tekenhoogte voor cleartype cijfers in Arial op 90 cm is dus kleiner dan 5,2360.

Samenvatting

In alle gevallen is de H_0 verworpen. De prettig leesbare tekenhoogte voor dit experiment is lager dan de genormeerde richtlijn voorschrijft. De verwachting was dat de genormeerde richtlijn niet klopt met de gegevens die gevonden zouden worden, dus deze hypothese wordt aangenomen.

Hoogte van cijfers vs. hoogte van letters

Inleiding

Bij het analyseren van de gegevens, viel het op dat de cijfers groter afgebeeld moesten worden voor een prettig leesbare tekenhoogte dan de letters. Omdat het interessant is hier iets over te zeggen is de volgende toets uitgevoerd: de 'Independent Samples T-test'. Deze toets vergelijkt twee gemiddelden met elkaar en heeft als H_0 dat de gemiddelden aan elkaar gelijk zijn.

De verwachting is dat de prettig leesbare hoogte van de 8 even hoog is als de prettig leesbare hoogte van de e, omdat deze tekens beide evenveel detail hebben.

De standaardwaarde, namelijk Verdana cleartype op 60 cm kijkafstand, wordt geanalyseerd en de waarden voor Arial op 90 cm kijkafstand, omdat Arial andere hoogtes hanteert voor de letters en de cijfers.

Testresultaten

Verdana cleartype op 60 cm kijkafstand

Het cijfer 8 vs. de letter e

$H_0 : \mu_8 = \mu_e$

$H_a : \mu_8 \neq \mu_e$

Group Statistics

de8endee		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Verdana60cmcleartypee	e	13	2,068810	,236966406	,06572266
	8	13	2,616436	,331107533	,09183271

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
Verdana60cm clearypee	-4,849	21,738	,000	-,5476262	,11292791	-,7819881	-,3132643

$\alpha = 0,05$

$0,000 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen. Gekeken naar de gemiddelde hoogtes van de e en van de 8 is de hoogte van de 8 groter dan die van de e.

Het cijfer 8 vs. de hoofdletter H

$H_0 : \mu_8 = \mu_H$

$H_a : \mu_8 \neq \mu_H$

Group Statistics

	de8endeH	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Verdana60cmclearypeH	H	13	2,778696	,3507164	,0972712
	8	13	2,616436	,3311075	,0918327

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means					
	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Verdana60cm clearypeH	23,921	,237	,1622596	,1337720	-,1138804	,4383996

$\alpha = 0,05$

$0,237 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen. Er is geen verschil tussen de gemiddelde hoogte van de H en de gemiddelde hoogte van de 8.

Arial cleartype op 90 cm kijkafstand

Het cijfer 8 vs. de letter e

$H_0 : \mu_8 = \mu_e$

$H_a : \mu_8 \neq \mu_e$

Group Statistics

de8endee		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Arial90cmcleartypee	e	13	2,677284	,5031247	,1395417
	8	13	3,508864	,5423423	,1504187

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
Arial90cm cleartypee	-4,053	23,866	,000	-,8315805	,2051772	-1,25517	-,4079899

$\alpha = 0,05$

$0,000 < 0,05$, dus H_0 wordt verworpen. Gekeken naar de gemiddelde hoogtes van de e en van de 8 is de hoogte van de 8 groter dan die van de e.

Het cijfer 8 vs. de hoofdletter H

$$H_0 : \mu_8 = \mu_H$$

$$H_a : \mu_8 \neq \mu_H$$

Group Statistics

	de8endeH	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Arial90cmc clear typeH	H	13	3,711689	,7415818	,2056778
	8	13	3,508864	,5423423	,1504187

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means					
	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Arial90cm clear typeH	21,981	,435	,2028245	,2548120	-,3256495	,7312985

$$\alpha = 0,05$$

0,435 > 0,05, dus H_0 wordt aangenomen. Er is geen verschil tussen de gemiddelde hoogte van de H en de gemiddelde hoogte van de 8.

Samenvatting

De verwachting was hier dat de prettig leesbare hoogte van cijfers gelijk is aan die van onderkastletters. Uit deze toetsen is echter gebleken dat de cijfers ongeveer even hoog als de hoofdletters afgebeeld moeten worden om prettig leesbaar te zijn. Deze hypothese is dus niet aangenomen.

Opvallende puntjes

Men gaf vaak aan de tekst of cijfers niet te kunnen lezen, omdat de tekens te dicht op elkaar stonden (dit was bijvoorbeeld bij de combinaties lf en rn het geval). De hoogte was dan op zich wel goed, maar men wilde dan liever een punt groter hebben, omdat dan niet alleen de hoogte van de tekens veranderde maar ook de afstand tussen de tekens groter werd.

Aan het eind zijn er nog twee tekstjes getoond; één met cleartype en één zonder cleartype. Vervolgens werd er gevraagd welke prettiger leesbaar is. Met uitzondering van één proefpersoon vond iedereen met cleartype prettiger lezen. Waarschijnlijk omdat de tekst zonder cleartype wat ielig was en door cleartype te gebruiken de stokken wat dikker werden en daardoor prettiger leesbaar.

Conclusie

Conclusies

De doelstelling van dit experimentele onderzoek was het ontwikkelen van een gefundeerde richtlijn voor de tekenhoogte. Deze doelstelling is niet gehaald, mede door het feit dat er veel meer factoren afhangen van de leesbaarheid en de tekenhoogte dan eerst gedacht. Het inzicht geven in een aantal factoren is echter wel gelukt. Er is nu iets meer duidelijkheid over welke factoren van invloed zijn en hoe die invloed ongeveer tot uiting komt. Met deze bevindingen kan er een goed vervolgonderzoek opgezet worden, die eventueel wel een gefundeerde richtlijn zou kunnen voortbrengen.

Per toets wordt hieronder besproken wat de conclusies zijn.

Relatie tussen visus en tekenhoogte

De visus heeft een minder sterke invloed dan gedacht, zoals uit het experiment is gebleken. Er zijn waarschijnlijk andere factoren die ook van invloed zijn op de prettig leesbare tekenhoogte.

Eén daarvan zou de persoonlijke voorkeur van de proefpersonen kunnen zijn. De proefpersonen zeiden vaak 'ik vind het teken zo dun' of juist 'ik vind het teken te dik'. Er waren zelfs proefpersonen die zeiden: 'ik wacht wel tot de dikkere versie langs komt'. Dit geeft duidelijk de voorkeur aan die (proef)personen kunnen hebben.

Dit is ook terug te vinden in de verschillen in prettig leesbare tekenhoogtes van de verschillende proefpersonen.

Een andere factor die erg belangrijk voor de prettig leesbare tekenhoogte is gebleken is de ruimte tussen de tekens. Dit is gebleken uit het feit dat men zei dat de tekens te dicht op elkaar stonden en ze liever grotere tekens wilden hebben omdat dan de afstand tussen de tekens ook groter zou zijn.

Relatie tussen tekenhoogte en factoren

Verdana vs. Arial

Wanneer tekens in Arial worden afgebeeld moeten ze in verhouding met Verdana groter worden getoond om even prettig leesbaar te zijn. Voor 90 cm kijkafstand recht voor het beeldscherm is deze vergroting minder hoog dan scheef voor het beeldscherm.

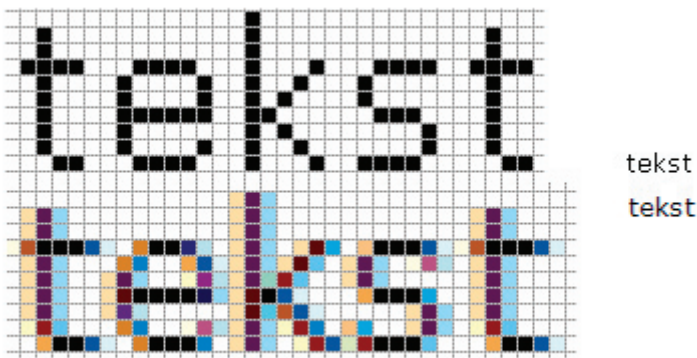
Recht voor het scherm vs. schuin voor het scherm

Het blijkt dat de tekens groter getoond moeten worden als men scheef voor het beeldscherm zit dan wanneer men recht voor het beeldscherm zit.

Cleartype vs. geen cleartype

Wat betreft cleartype is er volgens het experiment (bijna) geen verschil in tekenhoogte. Aan het einde van het experiment is echter gevraagd of men tekens in cleartype of zonder cleartype prettiger vond lezen. Bijna iedereen vond cleartype prettiger lezen, wat lijkt te wijzen op het feit dat de tekenhoogte niet veel uitmaakt bij tekens in cleartype of tekens zonder cleartype, maar dat tekens in cleartype over het algemeen prettiger leest dan tekens zonder cleartype.

Hier moet echter wel rekening gehouden worden met het feit dat cleartype de tekens dikker maakt en het daardoor lijkt dat de ruimte tussen de tekens wordt verkleind.



Kleur vs. zwart op lichtgrijs

Uit de tekentoets met de gevonden waarden uit dit experiment is gebleken dat de kleur 'roodoranje op een donkergrijze achtergrond' geen invloed heeft op de tekenhoogte. Deze tekentoets is redelijk grof en kan snel zeggen dat er geen verschil is in de waarden, vooral bij kleinere waarden. Het zou kunnen dat wanneer men een grotere steekproef had genomen, de tekenhoogte voor deze kleur wel groter had gemoeten ten opzichte van zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond.

De kleur 'wit op een zwarte achtergrond' had wel invloed op de tekenhoogte (tegen de verwachting in). Deze tekens moeten groter worden afgebeeld dan de tekens in het zwart op een lichtgrijze achtergrond.

60 cm kijkafstand vs. 90 cm kijkafstand

De tekenhoogtes voor een kijkafstand van 90 cm mogen relatief gezien kleiner zijn dan de tekenhoogtes voor een kijkafstand van 60 cm. Er is dus niet zomaar lineariteit aan te nemen in de verhouding tussen tekenhoogte en kijkafstand. Een mogelijke verklaring voor de non-lineariteit zou kunnen zijn dat men de pixels als kleiner waarneemt en de tekens daardoor natuurlijker worden afgebeeld.

Toetsing aan de genormeerde richtlijn

De gegevens uit dit experiment komen niet overeen met de genormeerde richtlijn. De gemiddelde tekenhoogte van zwarte tekst en cijferreeks op een lichtgrijze achtergrond in Verdana en in Arial ligt lager dan de richtlijn voorschrijft.

Dit verschil zou kunnen komen door de eventuele persoonlijke verschillen of door het verschil in meting. Er is nu een korte tekst gebruikt en misschien is er voor het bepalen van de genormeerde richtlijn een langere tekst gebruikt. Op basis van deze gegevens zou niet gezegd kunnen worden dat de genormeerde richtlijn naar beneden bijgesteld kan worden.

Hoogte van cijfers vs. hoogte van letters

Uit deze toets blijkt dat de prettig leesbare hoogte van de cijfers even hoog is als de prettig leesbare hoogte van hoofdletters. Dit was niet volgens de verwachting.

Discussie

Wanneer je een experiment opzet, weet je niet wat je kunt verwachten. Natuurlijk is er onderzoek gedaan in de literatuur en op het Internet. Maar toch kun je niet op alles voorbereid zijn.

Zo bleek in dit experiment dat het meenemen van de leessnelheid niet veel zin heeft gehad. Sommige proefpersonen hadden moeite met het uitspreken van het Latijn. Ze gingen nadenken over hoe ze de woorden precies moesten uitspreken en dit vergrootte de leestijd en verlaagde de leessnelheid.

Bovendien zouden alle proefpersonen beïnvloed kunnen worden door associaties die men kan krijgen door het lezen van de Latijnse tekst. Daarbij wil men graag woorden herkennen en probeert men begrijpelijke woorden te maken van de Latijnse woorden. Dit kost tijd in de verwerking van de woorden en het uitspreken ervan, waardoor de leessnelheid omlaag gaat of waardoor het aantal fouten omhoog gaat. Bij de cijferreeksen was goed te zien dat men minder fouten maakte. Waarschijnlijk omdat men met cijfers minder associaties heeft en de uitspraak van de cijfers bekend is.

Voor leessnelheidstesten puur voor de leessnelheid is het beter om de leessnelheid te meten het gebruik van onzinlettergrepen. Dit zijn lettergrepen die geen betekenis hebben en dus geen associaties kunnen opwekken. Een andere methode is het lezen van een stuk tekst in de eigen taal en naderhand vragen over de tekst beantwoorden. Op deze manier meet je wel de leessnelheid, maar blijft de woordherkenning wel bestaan en woordherkenning was nu juist iets wat niet mocht gebeuren.

Maar niet alleen associaties, uitspraak en woordherkenning zijn van belang, ook het geluidsniveau of beweging. Men kan zomaar afgeleid worden, wanneer er iets veranderd in de waarneming (men hoort een geluid, men ziet iets bewegen, er komt een sterke geur langs etc.) Ook dingen binnen in de proefpersoon kunnen zorgen voor een verkeerd beeld van de leessnelheid. Men kan bijvoorbeeld de ene keer sneller lezen dan de andere keer, gewoon omdat hij of zij dat zo wil. Maar men kan bijvoorbeeld tijdens het lezen ook even pauzeren om te ademen, omdat men verkeerd had ingeschat hoeveel lucht men nodig had. Men kan hoesten, slikken, kriebel krijgen of toevallig aan een boodschap denken die nog gedaan moet worden. Het blijkt dat er meerdere, soms onbekende, factoren meespelen in de snelheid van het voorlezen en de juistheid van de uitspraak (het fouten maken). Wanneer deze factoren niet onder controle gehouden kunnen worden, wordt het meenemen van de leessnelheid en het aantal fouten in de analyse van de gegevens een onzekere factor.

Omdat de leessnelheid gemeten moest worden, moest men de tekst en cijfers hardop voorlezen. Dit gaf de mogelijkheid om de fouten te tellen die men maakte in het voorlezen. Deels komen die fouten door te snel lezen (men wilde soms zo snel mogelijk de teksten en cijfers lezen) of associaties, deels komen de fouten door het niet goed kunnen lezen van de teksten en cijfers. Doordat men de teksten en cijfers hardop moest

voorlezen, werd men bewust van de fouten die ze maakten. Ze konden zo beter inschatten welke grootte van de tekens het prettigst leesbaar was. Wanneer men stillerjes de teksten en de cijfers zou bekijken, zou men waarschijnlijk kleinere tekens al prettig leesbaar vinden.

Het was beter geweest wanneer meer proefpersonen hadden deelgenomen aan het experiment. Over het algemeen geldt: hoe groter de steekproef, hoe betrouwbaarder de resultaten. Nu kan er niet met zekerheid worden vastgesteld wat precies de relatie is tussen tekenhoogte en kijfstand.

Het gebruik van een echte gedragsruimte waarin veel factoren constant te houden zijn, zou beter en gemakkelijker zijn geweest. Zo kan de lichtsterkte van de omgeving beter constant worden gehouden. Het geluidsniveau blijft waarschijnlijk dan ook beter constant. Er waren nu soms mensen te horen die langs liepen en aan het praten waren. Het zou kunnen zijn dat de proefpersonen daardoor werden afgeleid.

De observator heeft tijdens het experiment in het beeld gezeten van de proefpersonen en mensen kunnen daar moeilijk aan wennen. De proefpersonen zouden afgeleid kunnen worden en deze afleiding kan op elk moment gebeuren. De afleiding op zich is moeilijk te herkennen en kan de onderzoeksresultaten danig beïnvloeden. Het beste is om in een andere kamer te gaan zitten of een scherm tussen de proefpersoon en de observator te zetten. Mensen wennen hier snel aan en deze opstelling geeft geen of een stuk minder afleiding.

De volgorde van presenteren had anders gemoeten. Er is nu van klein naar groot gepresenteerd. Beter was om van klein naar groot, van groot naar klein en random te presenteren. Van klein naar groot kan dan vergeleken worden met random en van groot naar klein kan dan vergeleken worden met random. Van klein naar groot is in dit experiment (met dit doel) wel goed, omdat men niet geïnteresseerd is in de kleinste of grootste grens, maar meer in een veilige maat van weergave.

Het is voor de uitkomsten van elk experiment beter om meerdere malen te meten (mocht daar genoeg tijd voor zijn), zo ook bij dit experiment. Door meerdere metingen te doen, worden de uitkomsten betrouwbaarder.

Het zou kunnen zijn dat de proefpersonen moe worden aan het einde van het experiment, waardoor ze liever de tekens groter zouden hebben. Dit effect kan worden weggenomen door het experiment bijvoorbeeld achterstevoren te houden. Maar misschien moet de moeheid juist worden meegenomen in het experiment, omdat men in de werkelijkheid ook moe wordt als men 8 uur achter een beeldscherm werkt. Deze afweging zal gemaakt moeten worden met het oog op het doel van het experiment, omdat dit extra tijd en eventueel ook extra geld kost.

Mocht de visus wel belangrijk blijken voor een experiment, dan moet er rekening gehouden worden met het feit dat de visus-meting stapsgewijs verloopt. Er is bijvoorbeeld geen visus tussen 0,8 en 1,0 en tussen 1,0 en 1,25 te meten. Als men tussen deze twee visus-waarden in zit, geeft dit een verkeerd beeld van de werkelijkheid. Mensen kunnen bijvoorbeeld dichter bij elkaar zitten wat visus betreft dan wordt aangegeven. Ook moet er dan rekening worden gehouden met het feit dat mensen met visus 2 erg scherp kunnen zien, maar dat de kwaliteit van het beeldscherm hen in de weg zou kunnen zitten. Het beeldscherm kan niet goed kleine tekens afbeelden, omdat er te weinig pixels beschikbaar zijn om een goed tekenbeeld te verkrijgen.

De puntgrootte verandert stapsgewijs, omdat het scherm opgebouwd is uit pixels. De hoogte van de tekens wordt steeds met één pixel verhoogd. Hierdoor kan men niet kiezen voor een waarde die tussen twee pixels in ligt. Om er voor te zorgen dat het experiment per proefpersoon niet te lang duurde, zijn alleen de kleinere tekens per puntgrootte vergroot. De grotere tekens gingen met stappen van 2 puntgroottes. Het zou beter geweest zijn om deze tekens ook per pixel te verhogen.

Bijna alle proefpersonen gaven aan dat de tekens soms moeilijk te lezen waren, omdat de tekens te dicht op elkaar stonden. Misschien was de grootte / hoogte van de tekens wel goed genoeg om prettig leesbaar te zijn, maar door te weinig ruimte tussen de tekens, was het moeilijk om de tekens goed waar te nemen. Dit zou een verkeerd beeld kunnen geven van de prettig leesbare tekenhoogte.

Wanneer de tekens in cleartype worden afgebeeld, komt er een randje te staan om de tekens. Dit maakt dat de stokdikte van de tekens dikker wordt. Cleartype maakt de tekens dikker, waardoor kleinere tekens gemakkelijker te lezen worden. Echter sommige proefpersonen gaven aan dat cleartype erg wazig was om te lezen en ze moeite deden om scherp te stellen. Er is dus niet een goede uitspraak te doen over of cleartype nu de leesbaarheid vergroot of niet.

Uit de gegevens is gebleken dat de prettig leesbare hoogte voor cijfers hetzelfde is als die van hoofdletters. Dat er verschil is in de prettig leesbare hoogte tussen de letter e en het cijfer 8 kan eventueel komen door individuele verschillen (bijvoorbeeld gewend zijn om cijfers groter te zien dan letters). Om daar achter te komen zal een vervolgonderzoek noodzakelijk zijn.

Aanbevelingen

Zoals gebleken is uit de discussie, is het experiment niet optimaal uitgevoerd. Daarom is het goed om aanbevelingen te doen voor wanneer men ditzelfde onderzoek beter wil gaan uitvoeren. Het is verstandig om op het volgende te gaan letten.

Er is gebleken dat het meenemen van de leessnelheid niet veel zin heeft, omdat er te veel factoren zijn die de resultaten kunnen beïnvloeden. Het is dan ook beter om de leessnelheid in een volgend experiment niet meer mee te nemen.

Wanneer dit experiment weer uitgevoerd gaat worden is het verstandig om goed na te denken over de presentatie van de tekens, omdat sommige mensen moeite hebben met het lezen van bijvoorbeeld Latijn. Zoals in de discussie al is vermeld, moet er goed nagedacht worden over de volgorde van het presenteren. Dit heeft namelijk invloed op de uitkomsten.

Wanneer men een vaste richtlijn voor de prettig leesbare tekenhoogte wil hebben, is het verstandig om een grotere steekproefpopulatie te nemen, wanneer hier genoeg tijd en geld voor beschikbaar is. De verschillen tussen de proefpersonen in dit experiment waren te groot om een goede vaste richtlijn voor te stellen. Het herhalen van het experiment bij dezelfde proefpersonen vergroot de betrouwbaarheid en zou beter zijn voor de uitkomsten, zoals in de discussie is vermeld.

Als men de mogelijkheid daartoe heeft is het verstandig om gebruik te maken van een gedragsruimte. De invloed van de omgevingsvariabelen worden op deze manier zoveel mogelijk beperkt. Bovendien zal het prettiger zijn om in te werken, zowel voor observator als voor de proefpersoon. De observator kan eventueel onzichtbaar voor de proefpersoon worden gehouden om zo de proefpersoon zo min mogelijk te beïnvloeden.

Uit het experiment zijn een aantal punten naar voren gekomen. Wanneer men zekerheid wil hebben over deze dingen, moet men een vervolgonderzoek gaan doen. Hieronder volgen een aantal dingen voor mogelijk vervolgonderzoek.

Interessant zou zijn om uit te zoeken of persoonlijke voorkeur te maken heeft met de prettig leesbare tekenhoogte. Men zou bijvoorbeeld eerst het experiment bij de proefpersonen kunnen afnemen en daarna kunnen vragen aan de proefpersonen om voor een bepaalde tijd een bepaald lettertype te gebruiken. Vervolgens wordt er weer een experiment bij deze proefpersonen afgenomen, waaruit de invloed van het gebruik van bepaalde lettertypes en puntgrootte op de prettig leesbare tekenhoogte kan worden afgeleid. Men zou ook proefpersonen kunnen nemen die niet of nauwelijks achter een beeldscherm zitten en daardoor (nog) geen voorkeur kunnen hebben opgebouwd.

Het lijkt erop dat er niet gesproken mag worden van een lineariteit tussen de tekenhoogte en kijkafstand. Dit zou verder onderzocht moeten worden, vooral met het oog op verschil in resolutie. Het verschil in resolutie zou eventueel een verklaring kunnen zijn.

Uit het experiment is gebleken dat kleur invloed heeft op de prettig leesbare tekenhoogte van tekens. Wanneer men van plan is kleur te gaan gebruiken in zijn software, is het belangrijk dat er gekeken wordt naar de hoogte van de tekens. Er zal een vervolgonderzoek gedaan moeten worden voor het duidelijk is hoe hoog of hoeveel hoger de tekens moeten voor bepaalde kleuren en helderheidcontrasten.

Tijdens het experiment is ook naar voren gekomen dat de afstand tussen de tekens erg belangrijk is voor de prettig leesbare tekenhoogte. Het zou in een volgend experiment erg nuttig zijn om deze factor wel mee te nemen.

Er is in dit experiment bewezen dat een verschil in horizontale kijkhoek invloed heeft op de prettig leesbare tekenhoogte. Dit verschil is alleen aangetoond voor een horizontale kijkhoek van 45°. Wanneer men informatie over andere horizontale kijkhoeken wil hebben, zal er vervolgonderzoek gedaan moeten worden.

Er kon in dit onderzoek geen duidelijke uitspraak worden gedaan over het gebruik van cleartype. Het is nog niet geheel duidelijk of cleartype de tekens meer leesbaar maakt of niet. Wanneer men hier achter wil komen, moet er een vervolgonderzoek gedaan worden.

Niet naar voren gekomen in het experiment is de factor lichtsterkte van de omgeving en de luminantie van het beeldscherm. De verwachting is dat deze twee factoren ook invloed zullen hebben op de prettig leesbare tekenhoogte. Daarom is het goed om een experiment uit te voeren die ook andere factoren zoals de lichtsterkte van de omgeving en de luminantie van het beeldscherm meenemen in de variatie. Dat is in dit experiment niet gebeurd vanwege het geringe tijdsbestek en de andere factoren die ook meegenomen moesten worden. Bij een volgend experiment moet er dan opnieuw een afweging worden gemaakt tussen de factoren die meegenomen moeten worden in het experiment. Omdat de prettig leesbare tekenhoogte voor 90 cm kijkafstand in verhouding kleiner was dan voor 60 cm kijkafstand, is het interessant om te onderzoeken of al dan niet verband is tussen de tekenhoogte en kijkafstand. Veel richtlijnen gaan hier namelijk wel van uit.

Wat de algemene richtlijn zelf betreft is de aanbeveling om per persoon te bekijken welke tekenhoogte prettig leesbaar is voor die persoon. Men heeft bepaalde 'ingebakken' voorkeuren en deze zijn niet te verwaarlozen. Ook is het verstandig om naar de taak van de gebruiker te kijken. Wanneer men een

grote lap tekst leest, vindt men misschien een andere tekenhoogte prettiger dan wanneer men door een menustructuur navigeert of een korte alarmmelding krijgt.

Literatuurlijst

- Akara webdiensten, "Wat is de betekenis van...", <http://www.akara.nl/helpdesk/watis.html>, accessed 18-04-2005
- Ankrum, D.R., 1996, "Viewing Distance at Computer Workstations", *Workplace Ergonomics*, September/oktober, pp. 10-12
- Arbobondgenoten, 4 maart 2005, "Hoe is RSI te voorkomen?", http://www.arbobondgenoten.nl/arbothem/lichblst/rsi/rsi_voorkomen.htm#werkplek, accessed 05-04-2005
- Baarda, D.B., Goede, M.P.M. de, 2000, "Methoden en technieken", Stenfert Kroese, Houten
- BBC News, 18-04-2002, "Safety fears at air traffic centre", <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/1936464.stm>, accessed 05-04-2005
- Berg, T.J.T.P. van den, Rijn, L.J. van, 2005, "Relevance of glare sensitivity and impairment of visual function among European drivers", NORI, Nederland
- Bos, H., 2003, "Nieuwe inzichten in beeldschermwerk...", Ergobrain BV
- Buurman, R. den, et al., 1985, "Beeldschermerngonomie", Nederlandse Vereniging voor Ergonomie, Amsterdam
- Cakir, A, Reuter, H.J., Schmude, L. von, Armbruster. A., 1978, "Untersuchungen zur Anpassung von Bildschirmarbeitsplätzen an die physische und psychische Funktionsweise des Menschen", Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn
- Cakir, A.E., Hart, D.J., Stewart, T.F.M., 1980, "Bildschirmarbeitsplätze", Springer, Berlijn
- Cakir, A, Hart, D.J., Stewart, T.F.M., 1980, "Visual Display Terminals", John Wiley & Sons, Chichester
- Canali De Rossi, L., 2002, "Legibility: rules to determine best font size", http://www.masterviews.com/2002/07/15/legibility_rules_to_determine_best_font_size.htm, accessed 18-04-2005
- Chung, S.T., Mansfield, J.S., Legge, G.E., 1998, "The effect of printsize on reading speed in normal peripheral vision", *Vision Research*, vol. 38, No. 19, pp. 2949-2962
- Colin, I., 1984, "Wahrnehmungsleistungen bei Farbkontrasten auf Monitoren", *Ortung und Navigation*, nr. 3, pp. 335-344
- "Council Directive 90/270/EEC", 1990
- Department of Defence, 1999, "Design Criteria Standard MIL-STD-1472F"
- Electromark, "Character Height and Viewing Distance", http://www.electromark.com/td/information/info_character_height_distance.asp, accessed 05-04-2005
- Electronic Display Systems, "Sizing for Viewing", http://www.eds.chiefind.com/Sales/Sizing_A_Display.htm, accessed 05-04-2005
- FAA NAS, 2003, "Human Factors Design Standard"

- Fernandes, 1998, "User Interface Specifications for Defence Information Infrastructure", <https://dod-eaad.mont.disa.mil/web/docs/sec12.pdf>, accessed 21-04-2005
- Fidato, "Hulpmiddelen", <http://www.fidato.nl/pagina/?itemID=37&menuitemID=181&menuID=258>, accessed 21-04-2005
- Fraidenbrug, M.E., "Snooze Alarm", http://www.wdafs.org/Anchorage2005/Powerpoint_article.pdf, accessed 21-04-2005
- Gilmore, W.E., Gertman, D.I., Blackman, H.S., 1989, "The User-Computer Interface in Process Control", Academic Press, USA
- Gorrell, E.L., 1980, "A human engineering specification for legibility of alphanumeric symbology on video monitor displays", Defence and Civil Institute of Environmental Medicine, Downsview
- Goudy, 1977, "Typologica: studies in type design & type making, with comments on the invention of typography, the first types, legibility, and fine printing", Berkeley
- Grandjean, E., Vigliani, E., 1980, "Ergonomic aspects of visual display terminals", Taylor and Francis, London
- Halsted, C.P., maart 1993, "Brightness, Luminance, and Confusion", Information Display
- Hampshire Fire and Rescue Service, "Service Order 6/54 – Fire Safety Signs, Notices and Graphic Symbols", <http://www.hantsfire.gov.uk/manage/serviceorders/6-54.html>, accessed 12-04-2005
- 't Hart, H., 1996, "Onderzoeksmethoden", Boom, Amsterdam
- Heiden, G.H. van der, 1980, "Richtlijnen voor het werken met beeldschermen in meet- en regelkamers", Eindhoven
- Heiden, G.H. Van der, 1981, "Beeldschermerngonomie: Richtlijnen vs. Taak", Tijdschrift voor Ergonomie, deel 6, no. 2
- Helander, M., 1988, "Handbook of Human-Computer Interaction", North-Holland, Amsterdam
- Howarth, P., "Brightness and Luminance", <http://www-staff.lboro.ac.uk/~huph/brightness.htm>, accessed 18-04-2005
- Huizingh, E., 2004, "Inleiding SPSS 12.0 voor Windows en Data Entry", Academic Service, Den Haag
- Huppes, G., 1998, "Werken in meld- en controlekamers", SDU, Den Haag
- ISO, 1992, "ISO 9241 deel 3"
- Knave, B.G., 1983, 'Ergonomic Principles in Office Automation', Ericsson Information Systems, Bromma
- Leebeek, H.J. , 1980, "Met het oog op beeldschermen", TNO
- Legge, G.E., Pelli, D.G., Rubin, G.S., Schleske, M.M., 1985, "Normal Vision", Vision Research, Vol.25, No 2, pp. 239 - 252
- Lenior, D., 1981, "Ergonomie in Kantoren", Deventer, Kluwer
- Lenior, T.M.J., Ritsema van Eck, L.C.A. , 1985, "Beeldschermerngonomie", Nederlandse Vereniging

voor Ergonomie, Amsterdam

- Lewis and Clark College, 05-01-1998, "New way of Prescribing Glasses reduces computer eye strain", <http://www.sciencedaily.com/releases/1998/01/980105053738.htm>, accessed 05-04-2005
- Liquid Crystal Technologies, 2004, "Minimum Character Height vs. Viewing Distance", <http://www.liquidcrystaltechnologies.com/CharacterHeight.htm>, accessed 05-04-2005
- Mansfield, J.S., 1996, "Font effects in normal and low vision", *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, vol. 37, no. 8, pp. 1492 – 1501
- Meijden, H. van der, 2001, "Visuele Hulpmiddelen", Katholieke Universiteit Nijmegen
- Meko Ltd., 2002, "Flat Panels & The European Display Screen Directive", http://personalcomputing.portrait.com/us/products/lv_humanFactors_whitepaper.pdf, accessed 05-04-2005
- Ministry of Defence, 1996, "Defence Standard: Human Factors for Designers of Equipment, Part 7 Visual Displays," Crown
- Moore, D.S., McCabe, G.P., 2001, "Statistiek in de praktijk", Academic Service, Schoonhoven
- Murrell, K.F.H., 1965, "Man in his working environment", Chapman and Hall, London
- Musgrave, G., 1999, "Legibility of Projected Information", http://www.conceptron.com/articles/legibility_of_projected_information.html, accessed 06-05-2005
- Neufert, E., 1992, "Bauentwurfslehre", Braunschweig, Vieweg
- NNI, 1997, "NEN 3087"
- NNI, 1987, "NEN 3002"
- Office of Planning, Design and Construction, 1996, "Campus Design Guidelines, Appendix 5: Visual communication – Research", <http://pdc.ucr.edu/docs/APPND5.HTM>, accessed 12-04-2005
- Ottomatic, "Glossary", <http://www.ottomatic.nl/glossary/showTerm.asp?letter=P>, accessed 18-04-2005
- Schumacher, R.M., 1996, "Ameritech Graphical User Interface Standards and Design Guidelines", Ameritech Services, Inc.
- Siegel S., Castellan, N.J., 1988, "Nonparametric Statistics", McGraw-Hill, Singapore
- Spengelink, G.P.J., 1994, "Visual Display Units: the perception of image quality", Den Haag
- The Signage Foundation for Communication Excellence, Inc., "Germantown", <http://www.signagefoundation.org/germantown/germantowntoc.html>, accessed 12-04-2005
- Toerisme Vlaanderen, 2005, "Toegankelijk voor iedereen", http://www.toegankelijkkreizen.be/doc/fiches_tr.pdf, accessed 12-04-2005
- Total Communicator, "Design Your Visuals for Maximum Impact", http://totalcommunicator.com/vol3_1/visuals.html, accessed 21-04-2005
- United Sign, "Effective Signage Guide", <http://www.unitedsign.ca/Effective%20Signage%20Guide.pdf>, accessed 12-04-2005

-
- Verhagen, L.H.J.M, 1979, "Mens-Machine Communicatie in Centrale Meet- en Regelkamers", KIVI – NIRIA
 - Verhagen, L.H.J.M., 1980, "Beeldstations voor processupervisie", Polytechnisch tijdschrift, jaargang 35, no. 4, pp. 220-229
 - Verschuren, P., Doorewaard, H., 2004, "Het ontwerpen van een onderzoek", Lemma, Utrecht
 - Vos, J.J., Legein, Ch. P., 1989, "Oog en werk", SDU, Den Haag
 - Voskamp, P., 1996, "Handboek Ergonomie", Samsom, Alphen a/d Rijn
 - Voskamp, P., 1997, "AI-2 Werken met beeldschermen", SDU, Den Haag
 - Voskamp, P., 2000, "AI-2 Werken met beeldschermen", SDU, Den Haag
 - Young, D.C., 2003, "Safety Sign Placement on Large Substations", http://www.iaei.org/magazine/03d/magazine_03d_othercode.htm, accessed 12-04-2005
 - Zuithoff, M.J., Ponsioen, I.H.J., 1981, "Het beeldscherm en zijn gebruiker", Staatsbedrijf der PTT, Den Haag

Bijlagen

Bijlage 1: Definities

Definities

Onafhankelijke variabele (wordt naar verwezen als 'factor') - de waarden van deze variabele zijn ingesteld of gekozen en precies bekend. De onafhankelijke variabelen worden ook wel de oorzaakvariabelen genoemd (Baarda, 1997).

Afhankelijke variabele - deze waarden zijn niet bekend en moeten gegenereerd worden door het onderzoek. De afhankelijke variabelen worden ook wel de gevolgvariabelen genoemd (Baarda, 1997).

Omgevingsvariabelen - deze variabelen moeten gedurende het experiment constant gehouden worden

Tekenhoopte - de hoogte van een teken gemeten van de onderkant tot de bovenkant

Kijkafstand - de afstand tussen het oog en het beeldscherm

Leessnelheid - het aantal woorden dat gelezen wordt per minuut

Rationiveau - variabelen op rationiveau zijn variabelen die rangordening hebben; de verschillen tussen de getallen op de schaal hebben een reële en gelijke betekenis, evenals de verhouding tussen twee getallen. Bovendien is hier sprake van een natuurlijk nulpunt (variabele kijkafstand is op rationiveau, temperatuur in °C is niet rationiveau, temperatuur in K is wel rationiveau).

Cleartype - een manier van tekens weergeven op een TFT/LCD-scherm op basis van het idee dat een pixel bestaat uit 3 subpixels. Door deze manier van weergeven lijken de tekens meer afgerond en worden ze voor het oog leesbaarder.



Bijlage 2: Factoren van leesbaarheid - gevonden richtlijnen

Factoren van leesbaarheid - richtlijnen

Er zijn in de loop der tijd verschillende ideeën ontstaan over richtlijnen voor de onderstaande factoren. De gevonden richtlijnen worden bij de verschillende factoren gemeld.

Stand van het beeldscherm

Volgens Department of Defence (1999) is het het beste als de zichtlijn loodrecht op het beeldscherm valt. De stand van het beeldscherm moet door de gebruiker zelf in te stellen zijn tussen en moet ongeveer 15° voor- en achterover kunnen kantelen (NEN 3002, 1987).

Visus

Door visus 0,5 aan te houden voor het maken van de richtlijn voor tekenhoogte, zal maximaal 10% van de gehele bevolking worden uitgesloten. Aangezien er voor de richtlijn voor tekenhoogte uit mag worden gegaan van de werkende bevolking zal er zeer waarschijnlijk een kleiner percentage worden uitgesloten.

Contrast

Volgens Den Buurman (1985) moet het luminantie-contrast van de tekens en de achtergrond ergens liggen tussen de 7 en 12, waarbij 10 het best is.

De Nederlandse norm (NEN 3002, 1987) zegt dat de luminantieverhouding (C) op het beeldscherm bij zowel lichte tekens op een donkere achtergrond als bij donkere tekens op een lichte achtergrond $10 \geq C \geq 3$ moet zijn.

De NEN 3087 (1997) zegt dat het contrast (de luminantieverhouding tussen de tekens en de achtergrond van het beeldscherm) voor optimale leesbaarheid ongeveer 1:5 tot 1:10 bedragen.

Het minimale contrast voor monochromatische of achromatische taken op displays met een lagere luminantie dan 10 cd/m² moet 3:1 zijn. Voor kleurverschiltaken die multicolour displays of pseudomonochrome displays gebruiken is de minimale contrastratio 1,5 : 1 (Ministry of Defence, 1996).

Illuminantie in de omgeving

De militaire standaard 'MIL-STD F' (1999) raadt een luminantie van 540 lux aan voor 'newsprint'. Dit is gedrukt, dus het zal waarschijnlijk niet hetzelfde zijn als voor tekst op een beeldscherm.

Den Buurman (1985) beveelt minimaal 250 – 750 lux aan voor de verlichting van de omgeving.

Cakir (1980) zegt dat er voor de horizontale lichtsterkte op werkplekken 500 lux wordt aanbevolen en voor de verticale lichtsterkte 150-250 lux.

De NEN 3087 (1999) zegt dat de verlichtingssterkte van de omgeving tussen de 200 en 800 lux moet zitten.

De verhouding van de luminantie van de omgeving (bijvoorbeeld raam of wand) tot die van het beeldscherm mag volgens de Nederlandse standaard niet meer dan 10 bedragen (NEN 3002, 1987).

Het Arbo-informatieblad nummer 2 geeft aan dat de verhouding tussen de luminantie van de omgeving en die van het beeldscherm meer moet zijn dan factor 10 (Voskamp, 2000).

Lettertype

Ruimte tussen de tekens

Volgens een aantal normen moet de minimale ruimte tussen de tekens één stokdikte zijn (Gilmore, Gertman and Blackman, 1989; Department of Defence, 1999; ISO 9241, 1992). ISO 9241 (1992) vindt dat 1 pixel als tussenruimte ook mag.

De Nederlandse norm (NEN 3002, 1987) zegt dat de ruimte tussen de tekens 20-50% van de tekenbreedte moet zijn.

Den Buurman (1985) stelt dat de ruimte tussen de tekens ongeveer 0,25 – 0,5 maal de tekenbreedte moet zijn.

Weer een andere standaard zegt dat de ruimte tussen de tekens minimaal 10% van de tekenhoogte moet zijn (FAA-NAS, 2003).

Ruimte tussen de woorden

Een aantal normen stellen dat de minimale ruimte tussen de woorden één teken breed moet zijn (Gilmore, Gertman and Blackman, 1989; Department of Defence, 1999; ISO 9241, 1992).

De Nederlandse norm (NEN 3002, 1987) stelt het iets breder, namelijk dat de ruimte tussen twee opeenvolgende woorden 1 tot 1,5 keer de tekenbreedte moet zijn.

Ruimte tussen de regels

De ruimte tussen de regels moet 50 – 150% van de tekenhoogte zijn (Gilmore, Gertman and Blackman, 1989; Department of Defence, 1999).

Den Buurman (1985) zit boven deze richtlijn; hij houdt een regelafstand aan van ongeveer 1,5 – 2 maal de tekenhoogte.

De ISO-norm (1992) houdt voor de ruimte tussen de regels minimaal 1 pixel aan.

Stokdikte

De stokdikte moet binnen de range van 1/6 tot 1/12 van de tekenhoogte zitten (ISO 9241, 1992; Department of Defence, 1999).

De stokdikte moet volgens Den Buurman (1985) ongeveer 0,10 – 0,16 maal de tekenhoogte zijn.

Tekenhoogte/tekenbreedte

Gilmore, Gertman en Blackman (1989) raden een tekenhoogte/tekenbreedte ratio aan van 1:1 tot 1:0,6. De Department of Defence (1999) zegt dat de tekenbreedte ongeveer 0,9 maal de tekenhoogte moet zijn (1:0,9).

Voor optimale 'legibility' raadt de ISO-norm (1992) een tekenhoogte/tekenbreedte aan van 1:0,7 en voor een optimale 'readability' 1:0,9.

De Nederlandse norm (NEN 3002, 1987) zegt dat de tekenhoogte/tekenbreedte verhouding moet liggen tussen de 1:0,8 en 1:0,6.

Volgens Den Buurman (1985) in 'Beeldscherm-ergonomie' moet de tekenbreedte 0,7 tot 0,8 maal de tekenhoogte zijn (een ratio van 1:0,7 en 1:0,8).

Reflectie

Men wil natuurlijk zo min mogelijk reflectie in zijn beeldscherm hebben. Door het gebruik van coatings of speciale anti-reflexie schermen kan de reflectie worden verminderd.

Bijlage 3: Inventarisatie gevonden richtlijnen

Inventarisatie gevonden richtlijnen

Hier volgt een inventarisatie naar de richtlijnen voor de tekenhoogte die door de jaren heen gebruikt, onderzocht of gesteld zijn door verschillende instanties of personen.

1965

Bij een normale kijkafstand van 30,5 cm (3 ft) houdt Murrell (1965) een tekenhoogte aan van 0,3 cm (0,12 inch). Dit geeft een tekenhoogte van 34,4 boogminuten.

1978

Cakir et al. (1987) geeft in 'Untersuchungen zur Anpassung von Bildschirmarbeitsplätzen an die physische und psychische Funktionsweise des Menschen' een tabel met schrijvers en hun richtlijnen voor de tekenhoogte. Hieronder volgt een aangepaste vorm van deze tabel.

jaar	schrijver	Tekenhoogte (in boogminuten) Minimaal	Tekenhoogte (in boogminuten) Optimaal	Tekenhoogte (in boogminuten) Maximaal
1956	Harris et al.		27	
1959	Howell, Kraft	16	27	
1965	Luxenberg, Bonness	10		
1966	Barmack, Sinaiko	12		37
1967	Shurtleff	12 - 15		
1968	Cropper, Evans	19		
1969	Hemingway, Erickson	10		
1970	Giddings		17	21
	Vartabedian		15-20	

1980

Leebeek (1980) maakt in 'Met het oog op beeldschermen' melding van de richtlijn 1/150^e maal de kijkafstand (22,9 boogminuten) voor de hoogte van symbolen met een minimum van 3 mm tekenhoogte.

Van der Heiden (1980) zegt dat hoofdletter en cijfers volgens Verhagen (1980) goed leesbaar zijn bij een hoogte van 15-20 boogminuten, doch in het belang van het leesgemak er 18 boogminuten of nog groter wordt geadviseerd.

Maar Verhagen meldt in het door van der Heiden aangehaalde 'Beeldstations voor processupervisie' dat hoofdletters en cijfers zijn goed leesbaar bij een grootte van 12-15 boogminuten. De leesbaarheid en het leesgemak worden echter sterk bevorderd als de lettertekens iets groter gekozen worden. Verhagen weet te melden dat een tekenhoogte van 18 boogminuten het meest gebruikt wordt. De afstand van de gebruiker tot het beeldscherm hangt onder andere af van het soort interactie dat de gebruiker met het beeldscherm heeft. Een gebruikelijke afstand voor operatortaken is 75 cm. Schermen die echter voornamelijk supervisie- of overzichts informatie bevatten, kunnen beter verder weg staan, op ca. 1 meter afstand (Van der Heiden, 1980).

De veelgebruikte tekenhoogte van 18 boogminuten is echter voor vele taken, die te maken hebben met operatortaken of processupervisietafen, te klein. Hier is een tekenhoogte van 22 boogminuten aan te bevelen (Verhagen, 1980).

Een jaar eerder zegt Verhagen (1979) dat wanneer hoger geplaatste graphic panels opschriften laten zien, de tekens leesbaar zijn als de tekenhoogte gelijk is aan de afstand gedeeld door 200 (dit komt overeen met 17,2 boogminuten).

Verhagen (1979) maakt melding van Stewart (1974) die vindt dat letters en cijfers op een beeldscherm het best leesbaar zijn bij een hoogte van 12 – 15 boogminuten.

Uiteindelijk adviseert 'Richtlijnen voor het werken met beeldschermen in meet- en regelkamers' een tekenhoogte tussen 16 en 27 boogminuten (Van der Heiden, 1980).

In 'Ergonomic aspects of visual display terminals' van Grandjean (1980) publiceert Krueger een test met 40 personen onder andere voor het bepalen van de gewenste tekenhoogte. Als omgevingscondities gebruikte hij 500 lux horizontale illuminantie, 20 cd/m² omgevingsilluminantie en een negatieve representatie van letters met 100 cd/m². Hij kwam uit op een tekenhoogte van 20-28 boogminuten.

De conclusie van Cakir (1980) na grondig onderzoek van eerdere studies luidt dat er een tekenhoogte van tenminste 15-20 boogminuten aangehouden moet worden. De maximale tekenhoogte van een 5 x 7 matrix is 4,5 mm.

Gorrell (1980) beveelt een minimale tekenhoogte van 18 boogminuten aan, waarbij een minimale matrix van 5 x 7 gewenst is.

1981

Noyens zegt in 'Ergonomie in kantoren' van Lenior dat er onder normale omstandigheden een resolutievermogen van 1 boogminuut als grens voor het onderscheidingsvermogen geldt. Dit betekent dat de hoogte van de hoofdletter E minimaal 5 boogminuten moet bedragen om juist herkend te kunnen worden

(Lenior, 1981).

Er zitten namelijk 5 onderscheidingspunten in de hoofdletter E (verticaal gezien). Dit is een vrij onpraktische norm geeft Noyens toe. Hij noemt Murrell die een hoogte van 0,9 mm aanbeveelt voor elke 300mm leesafstand (10,3 boogminuten) en Poulton die het heeft het over een minimum hoogte van 1,5 mm bij een leesafstand van 330 mm, ofwel 15,6 boogminuten.

Als besluit zegt Noyens dat een minimum tekenhoogte van 3 mm voor een maximum leesafstand van 700 mm aan te bevelen is ($\pm 14,7$ boogminuten) (Lenior, 1981).

Volgens van der Heiden (1981) moet de kijkafstand voor operatortaken ongeveer 0,75 tot 1 m bedragen. De karakters moeten ongeveer 6 mm zijn. Dit is groter dan normaal, omdat alarmboodschappen duidelijk leesbaar over moeten komen.

Dit is ongeveer 27,5 boogminuten voor 75 cm en 20,6 boogminuten voor 1 m.

In 'Het beeldscherm en zijn gebruiker' van Zuithoff en Ponsioen (1981) wordt er voor de minimale tekenhoogte 1/150 maal de kijkafstand (22,9 boogminuten) geadviseerd voor een 5 x 7 matrix en voor een 7 x 9 matrix een minimale tekenhoogte van 1/200 (17,2 boogminuten) maal de kijkafstand.

1984

Colin (1984) heeft bij een onderzoek naar kleurcontrasten de volgende richtlijn aangehouden: Voor het goed waarnemen van alfanumerieke tekens moet de tekenhoogte 16 – 20 boogminuten zijn. Voor details bij grafische weergaven moet de tekenhoogte 10 boogminuten zijn.

1985

In 'Beeldscherm-ergonomie' van Lenior en Ritsema van Eck (1985) wordt er gesteld dat voor goed leesbare tekens geldt dat de hoogte gelijk is aan 0,5% tot 0,8% van de kijkafstand (resp. 17,2 en 27,5 boogminuten), maar de tekenhoogte mag nooit minder zijn dan 3 mm.

Legge et al. (1985) vermelden een onderzoek van Howell en Kraft (1960) die de leesbaarheid van alfanumeriek symbolen van vier lettergrootten gemeten hebben en tot de conclusie kwamen dat een tekenhoogte van 26 boogminuten optimaal is.

1987

Volgens de NEN 3002 (1987) moet de tekenhoogte tenminste 1/150^e van de kijkafstand bedragen, ofwel 23 boogminuten. De NEN gaat hier uit van een ongeaccentueerde hoofdletter.

1988

Het 'Handbook of Human-Computer Interaction' van Helander (1988) houdt een richtlijn aan van 18 boogminuten waar het gaat om de tekenhoogte.

1989

Gilmore, Gertman en Blackman (1989) melden dat de US Department of Defence een richtlijn stelt van 16,4 tot 26,8 boogminuten voor de tekenhoogte, afhankelijk van het contrastniveau, voor een afstand van 40 cm. Deze gegevens komen uit de MIL-STD-1472C uit 1981. Inmiddels zijn er nieuwere versies van deze militaire standaard uitgekomen en geldt deze richtlijn nu niet meer.

Zelf concluderen Gilmore, Gertman en Blackman (1989) dat de richtlijn voor tekenhoogte 16 tot 26,8 boogminuten behoort te zijn, met een geprefereerde hoogte van 20 boogminuten.

H. Bouma zegt in 'Oog en werk' dat bij normale leesafstand (30-40 cm) van drukwerk 1,5 mm net goed is als romphoogte van een letter (Vos, 1989). Dit is voor 30 cm een tekenhoogte van 17,2 boogminuten en voor 40 cm een tekenhoogte van 12,9 boogminuten. Groter dan 4 mm is volgens Bouma niet lekker leesbaar. Dit komt overeen met een tekenhoogte van 45,8 boogminuten voor 30 cm en van 34,4 boogminuten voor 40 cm. Deze gegevens zouden ook gelden voor displays. De praktijkregel voor de romphoogte is 1/200 maal de leesafstand (17,2 boogminuten).

1992

Volgens 'Bauentwurfslehre', geschreven door E. Neufert (1992), geldt de volgende richtlijn: $E = d * 3450$. 'E' is hier de kijkafstand en 'd' is de dikte van de letter. De hoogte is 5 * de dikte van de letter wat de volgende vergelijking geeft:

tekenhoogte = $5/3450 * \text{kijkafstand} = 1/690 * \text{kijkafstand}$. Omgerekend in boogminuten geeft dit een waarde van 5,0.

1994

In een onderzoek van Spenkelink (1994) werd een tekenhoogte van 20 boogminuten beter beoordeeld dan een tekenhoogte van 10 of 30 boogminuten. Het optimum voor de tekenhoogte was 18,3 boogminuten.

1996

Deze richtlijn wordt aangehouden door de Defence Standard (1996):

Viewing distance (m)	Character Height (mm)	boogminuten
< 0.5	2,3	15,8 (minimaal)
0.5 - 1	4,7	24,2 (gemiddeld)
1 - 2	9,4	24,2 (gemiddeld)
2 - 4	19,0	24,5 (gemiddeld)
4 - 8	38,0	24,5 (gemiddeld)

Terwijl ze daarna melden dat voor CRT-beeldschermen tekenhoogtes van 20-22 boogminuten worden

geprefereerd voor de meeste taken. Het minimum van de tekenhoogte zou 16 boogminuten moeten zijn. De meeste CRT-beeldschermen maken punt matrix afbeeldingen (dot matrix images) waarvoor een matrix van 5 bij 7 het minimum is om leesbare cijfers of hoofdletters weer te geven. Voor de wat meer complexe onderkast-letters geldt een matrix van 7 bij 9.

Voor Flat Panel Displays (FDPs), zo meldt de Defence Standard, gelden dezelfde tekenhoogtes als voor een CRT-beeldscherm, behalve voor de achromatische en monochrome FDPs. Hier moet de tekenhoogte groter zijn dan 16 boogminuten. Voor pseudo-monochrome en multicolour FDPs moet de tekenhoogte meer dan 20 boogminuten zijn.

De voorgeschreven tekenhoogte door de American GUI Standards is als volgt (met een H als uitgangspunt) (Schumacher, 1996):

Kijkafstand (in inch)	Tekenhoogte max. (in inch)	Boog- minuten max.	Tekenhoogte best (in inch)	Boog- minuten best	Tekenhoogte min. (in inch)	Boog- minuten min
12	0.09	25,8	0.06	17,2	0.05	14,3
16	0.11	23,6	0.08	17,2	0.06	12,9
20	0.14	24,1	0.10	17,2	0.08	13,8
24	0.17	24,1	0.12	17,2	0.10	14,3
28	0.20	24,6	0.14	17,2	0.11	13,5
32	0.23	24,7	0.17	18,3	0.13	14,0
Totaal gemiddeld		24,5		17,4		13,8

Voskamp (1996) meldt in 'Handboek Ergonomie' dat bij visus 1 (geschikt voor 70% van de bevolking) de richtlijn voor de tekenhoogte $1/700^e$ maal de kijkafstand is. Voor visus 0,5 (voor 95% van de bevolking) geldt dat de tekenhoogte $1/350^e$ maal de kijkafstand moet zijn. De maat die hier genomen is, is de hoofdletter E.

Dit betekent voor visus 1 een richtlijn van 4,9 boogminuten en voor visus 0,5 een richtlijn van 9,8 boogminuten.

Vanwege accommodatie problemen die vooral bij ouderen optreden, wordt vaak de richtlijn $1/200^e$ aangehouden (=17,2 boogminuten). Voor deze richtlijn heeft men de rompletter aangehouden (bijvoorbeeld een o). Deze richtlijnen gelden niet voor het beeldscherm. Voor het beeldscherm geldt de volgende richtlijn: De tekenhoogte moet $1/150^e$ maal de kijkafstand zijn. Dit is omgerekend 22,9 boogminuten.

1997

In het Arbo-Informatieblad nummer 2 (Voskamp, 1997) wordt een minimum kijkafstand van 50 cm

aangehouden. De tekenhoogte (de afstand tussen de boven- en onderzijde van een hoofdletter zonder accenten) op het scherm mag niet kleiner zijn dan $1/170$ maal de kijkafstand. Er wordt bij deze richtlijn wel uitgegaan van een optimale verticale kijkhoek van 20 tot 22°. Bij andere kijkhoeken zal de tekenhoogte vergroot moeten worden. Dit wordt weer vermeld in het Arbo-informatieblad nummer 2 van 2000 door Voskamp.

Het AI-blad heeft zich gebaseerd op de norm die NEN-ISO 9241-3 heeft gesteld.

1998

Huppés (1998) meldt dat de maximale afstand voor hoogwaardige beeldschermen en optimaal ontworpen software 250 maal de tekenhoogte is (13,8 boogminuten). Voor normale beeldschermen geldt een richtlijn van $1/200$ maal de kijkafstand voor de tekenhoogte (17,2 boogminuten).

1999

Voor visuele displays geldt in de MIL-STD-1472-F (1999) een richtlijn van 16 boogminuten voor zwart/wit tekens, waar 20 geprefereerd en 21 boogminuten voor gekleurde tekens, waar 30 boogminuten geprefereerd. Voor grote beeldscherm geldt dat de tekenhoogte niet minder dan 20 boogminuten zou mogen zijn en niet minder dan 10 boogminuten moet zijn. Wat EL-displays betreft mogen de hoofdletters niet kleiner zijn dan 15 boogminuten.

2003

Door Bos (2003) wordt de richtlijn voor de comfortabele kijkafstand gebaseerd op het convergentiepunt van de ogen. Het convergentiepunt is het punt waarop de ogen volledig ontspannen zijn en niet convergeren. Dit punt ligt bij het recht vooruit kijken op 110 cm en bij een kijkhoek van 30° op 85 cm. Wanneer het beeldscherm verder weg geplaatst wordt, is het belangrijk dat de tekens op het scherm groter worden. Volgens Bos wordt hiervoor aangehouden dat de grootte van de tekens op het beeldscherm $1/150^e$ (22,9 boogminuten) van de kijkafstand moeten zijn.

Dit artikel verwijst echter naar het 'Handboek gezondheid en veiligheid in kantoren' van P. Voskamp, die in dat boek een andere richtlijn hanteert, namelijk $1/200^e$ (17,2 boogminuten) deel van de kijkafstand.

2004

Volgens Liquid Crystal Technologies Inc. (2004) gelden de volgende richtlijnen, hoewel ze zelf zeggen dat deze arbitrair zijn:

Voor niet-kritische taken (zoals de meeste consumentenapplicaties, handheld devices en thermostaten) geldt een hoek van 10 boogminuten.

Wanneer de leesbaarheid kritisch is (zoals in de luchtvaart en het verkeer), wordt een hoek van 16 boogminuten aangeraden.

In het Arbo-Informatieblad nummer 2 geeft Voskamp (2004) aan dat een hoofdlettergrootte van 20-22 boogminuten gewenst is. Verder geeft hij nog een tabel voor de kijkafstanden.

Beeldscherm	Optimale kijkafstand	Acceptabele kijkafstand
14"	50 cm	50 – 70 cm
15"	60 cm	55 – 75 cm
17/18"	70 cm	60 – 85 cm
21/22"	90 cm	75-105 cm

2005

De tekenhoogte mag voor de leesbaarheid, volgens Arbobondgenoten (2005), niet kleiner zijn dan 1/170 maal de kijkafstand (bij hoogwaardige beeldschermen 1:250).

Dit geeft 20,2 boogminuten voor gewone schermen en 13,8 boogminuten voor hoogwaardige beeldschermen.

Andere technieken van weergave

De discussie over de oude richtlijn is niet alleen van toepassing op de beeldschermen. Ook de richtlijnen voor de tekenhoogte bij het presenteren op beamers staat ter discussie, evenals de verkeersborden (dit is echter drukwerk) en informatie borden (kunnen ook digitaal).

Presentaties voor publiek

De visuele presentaties van tegenwoordig bevatten meer informatie en een hogere dichtheid van informatie dan vroeger. Vroeger had men bij het ontwerpen van een audio-visueel display de richtlijn dat de kijker, die het meest ver weg zit, nog een visueel beeld moest kunnen begrijpen. Tegenwoordig moet deze persoon tekst en cijfers kunnen lezen en begrijpen. Dit betekent een verandering in de gebruikte richtlijn (Musgrave, 1999).

De oude richtlijn voor de verste kijker was dat de afstand tot het display 8 keer de hoogte moest zijn van het beeld.

Musgrave (1999) zegt in 'Legibility of Projected Information' dat empirische studies hebben uitgewezen dat de hoogte van een onderkast teken tenminste 10 boogminuten moet zijn voor de leesbaarheid. Wanneer het oog van zijn as af gaat, zal dit getal verhoogd moeten worden. Musgrave meldt verder dat ANSI een minimum van 16 boogminuten adviseert en 20-22 boogminuten aanbeveelt. De militaire standaard van de Verenigde Staten stelt 15 boogminuten voor, zodat de verste kijker niet minder dan 10 boogminuten

tekenhoogte kan waarnemen.

Canali De Rossi (2002) stelt de "8H" regel voor. De H is de hoogte van het projectiescherm. De maximale afstand tot de achterste kijker in het publiek moet 8H zijn, dus 8 keer de schermhoogte. De minimaal leesbare tekenhoogte is 1/25 maal de hoogte van de powerpoint slide.

Van der Meijden (2001) zegt in een paper over visuele hulpmiddelen dat de kijkafstand (in m) 4 maal de tekenhoogte (in cm) is (8,6 boogminuten).

Fidato (2005) houdt de volgende richtlijn aan wat betreft tekenhoogte bij visuele presentaties: De diepte in centimeters van de zaal delen door 400 is de tekenhoogte op het scherm. Dit geeft een waarde van 8,6 boogminuten.

Voor elke 20 feet kijkafstand moet de tekenhoogte 2 inch omhoog gaan (85,9 boogminuten) (Total Communicator).

De 'User Interface Specifications for Defence Information Infrastructure' stelt de richtlijn voor tekenhoogte bij presentaties op 17,2 boogminuten (Fernandes).

Fraidenburg (2005) stelt in 'Snooze Alarm' een richtlijn voor van 63 boogminuten voor de tekenhoogte.

Informatieborden, wegwijzers en verkeersborden

Ook voor verkeersborden gelden wettelijke verplichtingen voor de leesbaarheid. Deze richtlijnen zijn voor tekens op verkeersborden of reclameborden anders dan voor het lezen van tekens op een beeldscherm. Dit komt doordat men bij beeldschermwerk een vrij kleine kijkafstand heeft, in tegenstelling tot de kijkafstand bij bijvoorbeeld verkeersborden.

De tekenhoogte van een noodverlichtingbord is voorgeschreven door de standaard BS EN 1838: 1999. Zij geven de formule:

$$\begin{array}{ll} D_{\max} = h \times 200 \text{ (voor intern verlichte borden)} & (h = \text{pictogramhoogte,} \\ D_{\max} = h \times 100 \text{ (voor extern verlichte borden)} & D_{\max} = \text{maximale kijkafstand}) \end{array}$$

Voor reclameborden en informatieborden langs de weg, die vanuit rijdende auto's gelezen moeten worden, gelden weer andere richtlijnen omdat hier rekening gehouden moet worden met de snelheid van de auto en dus een verkorte blootstelling aan de gepresenteerde informatie.

De algemene regel om tekenhoogte te benaderen is, volgens Electronic Display Systems, 1 inch van de tekenhoogte voor elke 50 feet afstand. Met een normale snelheid van het verkeer moet men 15-20 seconden kijktijd hebben. De vereiste tekenhoogte neemt toe wanneer de hoogte van de gepresenteerde informatie tot de grond toeneemt. Deze tabel laat de kijktijden zien bij de verschillende snelheden.

Boogminuten	Tekenhoogte (inch)	Kijkafstand (feet)	20 MPH	25 MPH	35 MPH	40 MPH	50 MPH	55 MPH	65 MPH
17,2	9	450'	15,4	11,6	8,8	7,7	6,1	5,2	4,7
19,6	12	525'	17,9	13,6	10,2	8,9	7,2	6,1	5,5
17,2	18	900'	30,7	24,5	17,5	15,3	12,3	11,2	9,4
17,2	24	1200'	41,0	32,7	23,4	20,4	16,4	14,9	12,6
17,2	30	1500'	51,2	40,9	29,2	25,6	20,5	18,6	15,7
17,2	36	1800'	61,4	49,1	35,1	30,7	24,6	22,3	18,9
17,2	48	2400'	81,9	65,4	46,8	40,9	32,7	29,7	25,2
17,2	60	3000'	102,4	81,7	58,5	51,1	40,9	37,2	31,5
17,2	72	3600'	122,9	98,1	70,2	61,3	49,1	44,6	37,8

Dit omgerekend naar boogminuten geeft een richtlijn van ongeveer 17,2 boogminuten voor elke snelheid tussen de 20 MPH en 65 MPH.

Het bedrijf Electromark raadt deze tabel aan, die gebaseerd is op ANSI 535.2 voor het berekenen van de hoofdletterhoogte en de kijkafstand:

Hoofdletterhoogte (inch)	Min. Kijkafstand (goede condities) (feet)	Min. Kijkafstand (slechte condities) (feet)	Normale groottes voor borden	Boogminuten (goede condities)	Boogminuten (slechte condities)
0,25"	6'	3'	3,5"x5"	35,8	71,6
0,5"	13'	6'	3,5"x5"	33,1	71,6
0,75"	19'	9'	5"x7"	33,9	71,6
1,00"	25'	12'	7"x10"	34,4	71,6
1,50"	38'	18'	10"x14"	33,9	71,6
2,00"	50'	24'	14"x20"	34,4	71,6
2,50"	63'	30'	14"x20"	34,1	71,6
3,00"	75'	36'	20"x28"	34,4	71,6
4,00"	100'	48'	20"x28"	34,4	71,6
5,00"	125'	60'	24"x36"	34,4	71,6
6,00"	150'	71'	24"x36"	34,4	72,6
7,00"	175'	83'	24"x48"	34,4	72,5
8,00"	200'	95'	36"x60"	34,4	72,4

Het gemiddelde voor de goede condities ligt nu op 34,3 boogminuten. Voor de slechtere condities ligt het gemiddelde op 71,8 boogminuten.

Het bureau voor Toerisme Vlaanderen (2005) geeft als richtlijn voor de tekenhoogte voor informatieborden minimaal 1/100 van de leesafstand (34,4 boogminuten). Voor belangrijke informatie wordt dit gereduceerd tot 1/25 (137,5).

De 'Effective Signage Guide' maakt melding van een tabel gemaakt door de Pennsylvania Highway department.

Kijkafstand (feet)	Tekenhoogte (inch)	Boog-minuten	Kijkafstand (feet)	Tekenhoogte (inch)	Boog-minuten	Kijkafstand (feet)	Tekenhoogte (inch)	Boog-minuten
50	3	51,6	400	16	34,4	1250	50	34,4
100	4	34,4	450	18	34,4	1350	57	36,3
150	6	34,4	500	20	34,4	1500	58	33,2
200	8	34,4	525	21	34,4	1750	68	33,4
250	10	34,4	630	25	34,1	2000	78	33,5
350	14	34,4	750	38	43,5	2250	88	33,6
380	16	36,2	1000	48	41,3	2500	98	33,7

Dit komt uit op een gemiddelde tekenhoogte van 37,6 boogminuten.

Verder zeggen ze in de "Effective Signage Guide" dat voor elke 10 feet 1 inch bij de tekenhoogte opgeteld moet worden. Dit is tekenhoogte van 85,9 boogminuten.

Volgens Young (2003) houdt de definitie voor de kijkafstand en tekenhoogte voor informatieborden in dat een persoon met een visus van 20/20 een teken van 0,4 inch kan lezen op een afstand van 20 feet (dit is 17,2 boogminuten).

Volgens 'The Signage Foundation for Communication Excellence' is de richtlijn voor de leesbaarheid van informatieborden: per inch van een letter 20 feet afstand (43,0 boogminuten).

Voor voetgangers gelden volgens de 'Campus Design Guidelines' van Office op Planning, Design and Construction (1996) de volgende richtlijnen:

Lettertipe soort	De kijkafstand per inch tekenhoogte (in ft.)	boogminuten
Weak type-faces	33.0	26,0
Intermediate type-faces	42.5	20,2
Bold type-faces	50.0	17,2

Bijlage 4: Aanbevelingen onderzoek volgens ISO

Aanbevelingen onderzoek volgens ISO

ISO 9241 geeft aanbevelingen voor meetcondities voor onderzoek naar tekenhoogte. Zij zeggen dat het display tenminste 20 minuten opgewarmd moet worden voordat er goed getest kan worden.

Er zijn vijf standaard meetposities gedefinieerd:

- 1) op het midden (de intersectie van de twee diagonalen van het gebied)
- 2) op de punten van de diagonalen die op een afstand van 10% van de diagonaal lengte van de hoeken van het gebied zitten

Beeldscherm afstanden zullen voor alle metingen parallel gemeten worden aan het tangente vlak op het centrum van het scherm.

ISO 9241 geeft een voorbeeld van een testmethode:

De proefpersonen moeten de gebruikerspopulatie representeren. De proefpersonen moeten gescreend worden voor visueel vermogen (ook bijvoorbeeld op kleurenzicht).

De test moet gehouden worden in een gebied dat vrij is van afleiding en tussenkomst van buitenaf die de resultaten kunnen beïnvloeden. De omgevingscondities moeten comfortabel en constant zijn gedurende de gehele test.

Het achtergrondgeluidsniveau moet tijdens de test, gemeten bij het hoofd van de proefpersoon, minder zijn dan 55 dB(A).

De test moet onder de volgende condities worden uitgevoerd:

Luchttemperatuur	19°C tot 26°C
Relatieve luchtvochtigheid	40% - 60%
Luchtsnelheid	$\leq 0,15$ m/s

De testomgeving moet zo ontworpen worden dat het de werkomgeving simuleert. De omgevingsilluminatie moet gemeten worden bij het midden van het display op het tangente vlak. De illuminatie moet minimaal $(250 + 250 \cos A)$ lx zijn, waar A de hoek is gevormd door de intersectie van het tangente vlak op het midden van de display en een horizontaal vlak.

De oppervlakken van de testkamer moeten reflecties hebben binnen de volgende gebieden:

Bron	Reflectance (%)
Plafond	70 tot 80
Muren	30 tot 50
Vloer	10 tot 30
Meubels	20 tot 50

De personen moeten vooraf 15 minuten in de testkamer aanwezig zijn, zodat ze aan het licht gewend raken.

Bijlage 5: Invulformulier

Invulformulier

Algemene gegevens

Proefpersoon nummer ...

Geslacht m / v

Leeftijd: ...

Dyslexie: ja / nee

Normaal: Bril / lenzen / niets

Beeldschermwerk: Bril / lenzen / niets

Aantal uur per dag achter beeldscherm:

Lettertype waarmee gewerkt wordt:

Geprefereerd lettertype:

Visus:

Kleurenblind: ja / nee

	Normale leessnelheid (in s)	Aantal fouten/ haperingen	Ingestelde puntgrootte
Verdana tekst			
Arial tekst			
Verdana cijferreeks			
Arial cijferreeks			

Verdana – geen cleartype – zwart op lichtgrijs - tekst

Kijkafstand 60 cm

proefpersoon ...

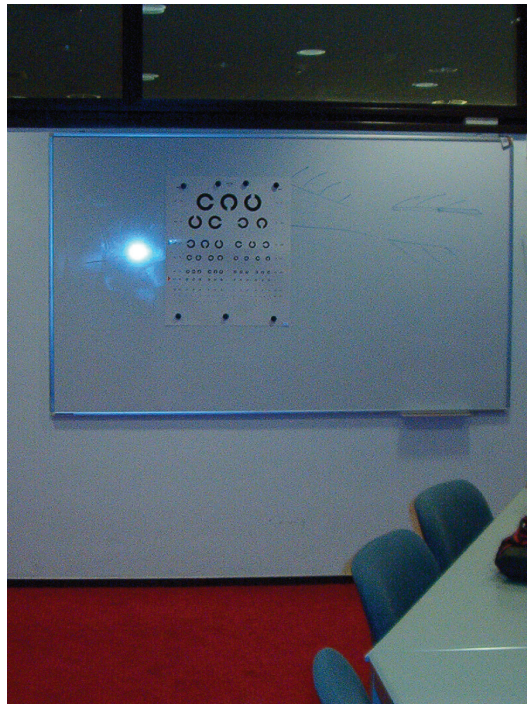
Teken - hoogte	Knijpen	Voorover/ Achterover	Open sperrren	Turen	Net goed leesbaar (ja / nee)	Prettig lezen (ja / nee)	Leessnelheid (in s)	Aantal fouten	Opmerkingen
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
16									
18									
20									
24									

Verdana – geen cleartype – zwart op lichtgrijs - cijferreeks

Kijkafstand 60 cm

Teken - hoogte	Knijpen	Voorover/ Achterover	Open sperrren	Turen	Net goed leesbaar (ja / nee)	Prettig lezen (ja / nee)	Leessnelheid (in s)	Aantal fouten	Opmerkingen
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
16									
18									
20									
24									

Bijlage 6: Foto's van de opstelling



De Landolt ringenkaart



De camera die de proefpersoon van opzij filmt



De stoel van proefpersoon en kapstok om de kijkafstand constant te houden. Het beeldscherm is niet het beeldscherm dat in het experiment is gebruikt.



De plek waar de observator zit.

Bijlage 7: Iiyama ProLite E431S

Iiyama ProLite E431S 17"

The ProLite E431S is a 17" LCD panel with a native resolution of 1280 x 1024 and a response time of 16 msec. With this in mind, not only is it an excellent monitor for all business applications but shows added advantages in graphics, video and DVD movie play. Furthermore, the ProLite E431S offers 2 x 1.5W integrated speakers or headphone socket and is also equipped with a digital DVI-D input in addition to the standard VGA connector. sRGB and gamma adjustments further enhance the high quality features of this LCD monitor, making it excellent choice for both multimedia and office applications. The model is available in ivory (ProLite E431S-W), black (ProLite E431S-B) or silver (ProLite E431S-S).

Technical details	
Panel	TN Wide Angle
Diagonal	17" (43 cm)
Display area h x w	338 x 270 mm
Response time	16 msec
Contrast ratio	450 : 1 typical
Brightness	250 cd / m ² typical
Viewing zone	H: 140°, V: 120°, right / left each 70°, top / bottom each 60°
Display colour	16.2 Million
Pixel pitch h x v	0.264 x 0.264 mm
Horizontal sync	24 – 80 KHz
Vertical sync	55 - 75 Hz
Bandwith	135 MHz
Native resolution	1280 x 1024 (1.3 mega pixels)
Input connector	DVI-D, D-Sub mini 15 pin
Syncronisation	Separate Sync
Plug and Play	VESA DDC 1/2B™
Speaker	2 x 1.5W Stereo
Extra Functions	Anti-theft device: Kensington-lock®, headphone socket, sRGB, gamma correction, Eco mode

Included accessories	Power cable, 15 pin to 15 pin D-sub cable, information CD, AC adaptor, audio cable, quick start guide.
Optional accessories	832Z001-02 - Screen Protection Sheet
Apple - Mac	All iiyama monitors are compatible with Apple-Macintosh computers
User controls	Brightness, contrast, clock & phase, horizontal & vertical position, auto set-up, colour temperature, sRGB, sharpness, gamma adjust, economy mode, volume, OSD position, language select, lock out, reset, signal selection
Driver	Windows 95 / 98 / 2000 / ME / XP
Ergonomics	TCO 03, TÜV ERGO (ISO 13406-2), MPR III
Safety	TÜV GS, FCC-B, UL / C-UL, CE, VCCI-B
Power supply	AC 90 - 132 / 198 - 264 V, 50 / 60 Hz
Power usage	max. 42 W in normal use, 30 W in Eco mode, max. 3 W in Power management mode
Power management	VESA DPMS, ENERGY STAR®
Anti-theft-device	Kensington®-lock
VESA mounting	100 mm
Tilt angle	30° backwards
Weight	4.1 with base kg
Dimensions w x h x d	368.5 x 379 x 188.5; 368.5 x 323.5 x 53 without base mm

Bijlage 8: Tabel met de hoogte van e en 8

Verdana e		
Puntgrootte	Hoogte in pixels	Hoogte in mm
7	5	1,3184
8	6	1,5820
9	7	1,8457
10	7	1,8457
11	8	2,1094
12	9	2,3730
13	9	2,3730
14	11	2,9004
16	12	3,1641
18	13	3,4277
20	15	3,9551
24	18	4,7461

Arial e		
Puntgrootte	Hoogte in pixels	Hoogte in mm
7	5	1,3184
8	6	1,5820
9	7	1,8457
10	7	1,8457
11	8	2,1094
12	9	2,3730
13	9	2,3730
14	10	2,6367
16	11	2,9004
18	13	3,4277
20	15	3,9551
24	17	4,4824

Verdana 8		
Puntgrootte	Hoogte in pixels	Hoogte in mm
7	7	1,8457
8	8	2,1094
9	9	2,3730
10	9	2,3730
11	11	2,9004
12	12	3,1641
13	12	3,1641
14	14	3,6914
16	16	4,2188
18	18	4,7461
20	20	5,2734
24	24	6,3281

Arial 8		
Puntgrootte	Hoogte in pixels	Hoogte in mm
7	7	1,8457
8	8	2,1094
9	9	2,3730
10	10	2,6367
11	11	2,9004
12	12	3,1641
13	12	3,1641
14	14	3,6914
16	15	3,9551
18	17	4,4824
20	20	5,2734
24	23	6,0645

Bijlage 9: Gegevenstabel gesorteerd op visus

Visus 0,8

proefpersoonnummer		2	9	10	13
60 cm z/lg c	Tekst (in puntgrootte)	9	9	12	13
	Cijfers (in puntgrootte)	9	9	12	11
60 cm z/lg gc	Tekst	9	10	11	14
	Cijfers	9	11	12	14
90 cm z/lg c	Tekst	13	12	13	14
	Cijfers	14	11	14	14
90 cm z/lg gc	Tekst	14	12	14	16
	Cijfers	14	13	16	16
60 cm w/z c	Tekst	10	11	12	14
	Cijfers	11	11	11	11
60 cm ro/dg c	Tekst	10	11	13	14
	Cijfers	11	11	11	13
60 cm ro/dg gc	Tekst	11	11	14	18
	Cijfers	11	11	11	18
90 cm arial z/lg c	Tekst	18	12	14	18
	Cijfers	16	12	16	16
45° verdana z/lg c	Tekst	18	14	14	20
	Cijfers	18	16	18	16
45° arial z/lg c	Tekst	20	18	16	24
	Cijfers	20	20	18	24

Visus 1,0

proefpersoonnummer		6	7
60 cm z/lg c	Tekst (in puntgrootte)	11	12
	Cijfers (in puntgrootte)	11	11
60 cm z/lg gc	Tekst	11	11
	Cijfers	11	11
90 cm z/lg c	Tekst	12	18
	Cijfers	13	16
90 cm z/lg gc	Tekst	13	18
	Cijfers	13	18
60 cm w/z c	Tekst	11	14
	Cijfers	11	13
60 cm ro/dg c	Tekst	11	12
	Cijfers	11	12
60 cm ro/dg gc	Tekst	11	11
	Cijfers	11	11
90 cm arial z/lg c	Tekst	13	18
	Cijfers	13	18
45° verdana z/lg c	Tekst	14	18
	Cijfers	20	16
45° arial z/lg c	Tekst	18	24
	Cijfers	20	20

Visus 1,25

proefpersoonnummer		1	3	5	8	12
60 cm z/lg c	Tekst (in puntgrootte)	11	11	11	11	10
	Cijfers (in puntgrootte)	9	11	11	10	10
60 cm z/lg gc	Tekst	10	11	13	11	8
	Cijfers	9	10	13	9	9
90 cm z/lg c	Tekst	12	16	14	12	11
	Cijfers	11	11	14	12	9
90 cm z/lg gc	Tekst	14	14	14	11	10
	Cijfers	12	13	14	11	12
60 cm w/z c	Tekst	13	11	12	9	9
	Cijfers	12	11	11	9	10
60 cm ro/dg c	Tekst	12	12	12	9	9
	Cijfers	9	10	11	9	10
60 cm ro/dg gc	Tekst	9	11	11	10	9
	Cijfers	10	11	11	9	10
90 cm arial z/lg c	Tekst	14	14	16	12	11
	Cijfers	12	14	14	12	12
45° verdana z/lg c	Tekst	14	16	16	13	13
	Cijfers	12	14	18	11	11
45° arial z/lg c	Tekst	16	18	20	16	14
	Cijfers	14	18	20	14	12

Visus 1,5 en visus 2,0

proefpersoonnummer		11 (visus 1,5)	4 (visus 2)
60 cm z/lg c	Tekst (in puntgrootte)	11	8
	Cijfers (in puntgrootte)	10	8
60 cm z/lg gc	Tekst	12	8
	Cijfers	11	8
90 cm z/lg c	Tekst	13	8
	Cijfers	13	8
90 cm z/lg gc	Tekst	11	9
	Cijfers	11	8
60 cm w/z c	Tekst	11	8
	Cijfers	11	8
60 cm ro/dg c	Tekst	10	8
	Cijfers	11	8
60 cm ro/dg gc	Tekst	10	8
	Cijfers	11	8
90 cm arial z/lg c	Tekst	14	9
	Cijfers	14	9
45° verdana z/lg c	Tekst	13	9
	Cijfers	14	8
45° arial z/lg c	Tekst	16	11
	Cijfers	16	9

ro/dg = roodoranje tekens op een donkergrijze achtergrond

z/lg = zwarte tekens op een lichtgrijze achtergrond

w/z = witte tekens op een zwarte achtergrond

c = cleartype

gc = geen cleartype

Bijlage 10: Tekenhoogtes en factoren

Zwarte Verdana tekst op lichtgrijze achtergrond op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Cleartype	Geen cleartype	Hoogte voor geen cleartype (in verhouding met cleartype)
1	1,25	2,1094	1,8457	88%
2	0,80	1,8457	1,8457	100%
3	1,25	2,1094	2,1094	100%
4	2,00	1,5820	1,5820	100%
5	1,25	2,1094	2,3730	113%
6	1,00	2,1094	2,1094	100%
7	1,00	2,3730	2,1094	89%
8	1,25	2,1094	2,1094	100%
9	0,80	1,8457	1,8457	100%
10	0,80	2,3730	2,1094	89%
11	1,50	2,1094	2,3730	113%
12	1,25	1,8457	1,5820	86%
13	0,80	2,3730	2,9004	122%

Zwarte Verdana cijfers op lichtgrijze achtergrond op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Cleartype	Geen cleartype	Hoogte voor geen cleartype (in verhouding met cleartype)
1	1,25	2,3730	2,3730	100%
2	0,80	2,3730	2,3730	100%
3	1,25	2,9004	2,3730	82%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	2,9004	3,1641	109%
6	1,00	2,9004	2,9004	100%
7	1,00	2,9004	2,9004	100%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,3730	2,9004	122%
10	0,80	3,1641	3,1641	100%
11	1,50	2,3730	2,9004	122%
12	1,25	2,3730	2,3730	100%
13	0,80	2,9004	3,6914	127%

Zwarte Verdana tekst op lichtgrijze achtergrond op 90 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Cleartype	Geen cleartype	Hoogte voor geen cleartype (in verhouding met cleartype)
1	1,25	2,3730	2,9004	122%
2	0,80	2,3730	2,9004	122%
3	1,25	3,1641	2,9004	92%
4	2,00	1,5820	1,8457	117%
5	1,25	2,9004	2,9004	100%
6	1,00	2,3730	2,3730	100%
7	1,00	3,4277	3,4277	100%
8	1,25	2,3730	2,1094	89%
9	0,80	2,3730	2,3730	100%
10	0,80	2,3730	2,9004	122%
11	1,50	2,3730	2,1094	89%
12	1,25	2,1094	1,8457	88%
13	0,80	2,9004	3,1641	109%

Zwarte Verdana cijfers op lichtgrijze achtergrond op 90 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Cleartype	Geen cleartype	Hoogte voor geen cleartype (in verhouding met cleartype)
1	1,25	3,1641	3,1641	100%
2	0,80	3,6914	3,6914	100%
3	1,25	2,9004	3,1641	109%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	3,6914	3,6914	100%
6	1,00	3,1641	3,1641	100%
7	1,00	4,2188	4,7461	113%
8	1,25	3,1641	2,9004	92%
9	0,80	2,9004	3,1641	109%
10	0,80	3,6914	4,2188	114%
11	1,50	3,1641	2,9004	92%
12	1,25	2,3730	3,1641	133%
13	0,80	3,6914	4,2188	114%

Cleartype Verdana tekst op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Zwart op lichtgrijs	Wit op zwart	Hoogte voor wit op zwart (in verhouding met zwart op lichtgrijs)
1	1,25	2,1094	2,3730	111%
2	0,80	1,8457	1,8457	100%
3	1,25	2,1094	2,1094	100%
4	2,00	1,5820	1,5820	100%
5	1,25	2,1094	2,3730	113%
6	1,00	2,1094	2,1094	100%
7	1,00	2,3730	2,9004	122%
8	1,25	2,1094	1,8457	88%
9	0,80	1,8457	2,1094	114%
10	0,80	2,3730	2,3730	100%
11	1,50	2,1094	2,1094	100%
12	1,25	1,8457	1,8457	100%
13	0,80	2,3730	2,9004	122%

Cleartype Verdana cijfers op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Zwart op lichtgrijs	Wit op zwart	Hoogte voor wit op zwart(in verhouding met zwart op lichtgrijs)
1	1,25	2,3730	3,1641	133%
2	0,80	2,3730	2,9004	122%
3	1,25	2,9004	2,9004	100%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	2,9004	2,9004	100%
6	1,00	2,9004	2,9004	100%
7	1,00	2,9004	3,1641	109%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,3730	2,9004	122%
10	0,80	3,1641	2,9004	92%
11	1,50	2,3730	2,9004	122%
12	1,25	2,3730	2,3730	100%
13	0,80	2,9004	2,9004	100%

Cleartype Verdana tekst op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Zwart op lichtgrijs	Roodoranje op donkergrijs	Hoogte voor roodoranje op donkergrijs (in verhouding met zwart op lichtgrijs)
1	1,25	2,1094	2,3730	113%
2	0,80	1,8457	1,8457	100%
3	1,25	2,1094	2,3730	113%
4	2,00	1,5820	1,5820	100%
5	1,25	2,1094	2,3730	113%
6	1,00	2,1094	2,1094	100%
7	1,00	2,3730	2,3730	100%
8	1,25	2,1094	1,8457	88%
9	0,80	1,8457	2,1094	114%
10	0,80	2,3730	2,3730	100%
11	1,50	2,1094	1,8457	88%
12	1,25	1,8457	1,8457	100%
13	0,80	2,3730	2,9004	122%

Cleartype Verdana cijfers op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Zwart op lichtgrijs	Roodoranje op donkergrijs	Hoogte voor roodoranje op donkergrijs (in verhouding met zwart op lichtgrijs)
1	1,25	2,3730	2,3730	100%
2	0,80	2,3730	2,9004	122%
3	1,25	2,9004	2,3730	82%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	2,9004	2,9004	100%
6	1,00	2,9004	2,9004	100%
7	1,00	2,9004	3,1641	109%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,3730	2,9004	122%
10	0,80	3,1641	2,9004	92%
11	1,50	2,3730	2,9004	122%
12	1,25	2,3730	2,3730	100%
13	0,80	2,9004	3,1641	109%

Geen cleartype Verdana tekst op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Zwart op lichtgrijs	Roodoranje op donkergrijs	Hoogte voor roodoranje op donkergrijs (in verhouding met zwart op lichtgrijs)
1	1,25	1,8457	1,8457	100%
2	0,80	1,8457	2,1094	114%
3	1,25	2,1094	2,1094	100%
4	2,00	1,5820	1,5820	100%
5	1,25	2,3730	2,1094	89%
6	1,00	2,1094	2,1094	100%
7	1,00	2,1094	2,1094	100%
8	1,25	2,1094	1,8457	88%
9	0,80	1,8457	2,1094	114%
10	0,80	2,1094	2,9004	138%
11	1,50	2,3730	1,8457	78%
12	1,25	1,5820	1,8457	117%
13	0,80	2,9004	3,4277	118%

Geen cleartype Verdana cijfers op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Zwart op lichtgrijs	Roodoranje op donkergrijs	Hoogte voor roodoranje op donkergrijs (in verhouding met zwart op lichtgrijs)
1	1,25	2,3730	2,3730	100%
2	0,80	2,3730	2,9004	122%
3	1,25	2,3730	2,9004	122%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	3,1641	2,9004	92%
6	1,00	2,9004	2,9004	100%
7	1,00	2,9004	2,9004	100%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,9004	2,9004	100%
10	0,80	3,1641	2,9004	92%
11	1,50	2,9004	2,9004	100%
12	1,25	2,3730	2,3730	100%
13	0,80	3,6914	4,7461	129%

Roodoranje Verdana tekst op donkergrijze achtergrond op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Cleartype	Geen cleartype	Hoogte voor geen cleartype (in verhouding met cleartype)
1	1,25	2,3730	1,8457	78%
2	0,80	1,8457	2,1094	114%
3	1,25	2,3730	2,1094	89%
4	2,00	1,5820	1,5820	100%
5	1,25	2,3730	2,1094	89%
6	1,00	2,1094	2,1094	100%
7	1,00	2,3730	2,1094	89%
8	1,25	1,8457	1,8457	100%
9	0,80	2,1094	2,1094	100%
10	0,80	2,3730	2,9004	122%
11	1,50	1,8457	1,8457	100%
12	1,25	1,8457	1,8457	100%
13	0,80	2,9004	3,4277	118%

Roodoranje Verdana cijfers op donkergrijze achtergrond op 60 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Cleartype	Geen cleartype	Hoogte voor geen cleartype (in verhouding met cleartype)
1	1,25	2,3730	2,3730	100%
2	0,80	2,9004	2,9004	100%
3	1,25	2,3730	2,9004	122%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	2,9004	2,9004	100%
6	1,00	2,9004	2,9004	100%
7	1,00	3,1641	2,9004	92%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,9004	2,9004	100%
10	0,80	2,9004	2,9004	100%
11	1,50	2,9004	2,9004	100%
12	1,25	2,3730	2,3730	100%
13	0,80	3,1641	4,7461	150%

Zwarte cleartype tekst op lichtgrijze achtergrond op 90 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Verdana	Arial	Hoogte voor Arial (in verhouding met Verdana)
1	1,25	2,3730	2,6367	111%
2	0,80	2,3730	3,4277	144%
3	1,25	3,1641	2,6367	83%
4	2,00	1,5820	1,8457	117%
5	1,25	2,9004	2,9004	100%
6	1,00	2,3730	2,3730	100%
7	1,00	3,4277	3,4277	100%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,3730	2,3730	100%
10	0,80	2,3730	2,6367	111%
11	1,50	2,3730	2,6367	111%
12	1,25	2,1094	2,1094	100%
13	0,80	2,9004	3,4277	118%

Zwarte cleartype cijfers op lichtgrijze achtergrond op 90 cm kijkafstand

Proef persoon	Visus	Verdana	Arial	Hoogte voor Arial (in verhouding met Verdana)
1	1,25	3,1641	3,1641	100%
2	0,80	3,6914	3,9551	107%
3	1,25	2,9004	3,6914	127%
4	2,00	2,1094	2,3730	113%
5	1,25	3,6914	3,6914	100%
6	1,00	3,1641	3,1641	100%
7	1,00	4,2188	4,4824	100%
8	1,25	3,1641	3,1641	100%
9	0,80	2,9004	3,1641	109%
10	0,80	3,6914	3,9551	107%
11	1,50	3,1641	3,6914	117%
12	1,25	2,3730	3,1641	133%
13	0,80	3,6914	3,9551	107%

Zwarte cleartype tekst op lichtgrijze achtergrond op 90 cm kijkafstand onder een horizontale hoek van 45°

Proef persoon	Visus	Verdana	Arial	Hoogte voor Arial (in verhouding met Verdana)
1	1,25	2,9004	2,9004	100%
2	0,80	3,4277	3,9551	115%
3	1,25	3,1641	3,4277	100%
4	2,00	1,8457	2,1094	114%
5	1,25	3,1641	3,9551	125%
6	1,00	2,9004	3,4277	118%
7	1,00	4,7461	4,4824	100%
8	1,25	2,3730	2,9004	122%
9	0,80	2,9004	3,4277	118%
10	0,80	2,9004	2,9004	100%
11	1,50	2,3730	2,9004	122%
12	1,25	2,3730	2,6367	111%
13	0,80	3,9551	4,4824	113%

Zwarte cleartype cijfers op lichtgrijze achtergrond op 90 cm kijkafstand onder een horizontale hoek van 45°

Proef persoon	Visus	Verdana	Arial	Hoogte voor Arial (in verhouding met Verdana)
1	1,25	3,1641	3,6914	117%
2	0,80	4,7461	5,2734	111%
3	1,25	3,6914	4,4824	121%
4	2,00	2,1094	2,3730	113%
5	1,25	4,7461	5,2734	111%
6	1,00	5,2734	5,2734	100%
7	1,00	5,2734	5,2734	100%
8	1,25	2,9004	3,6914	127%
9	0,80	4,2188	5,2734	125%
10	0,80	4,7461	4,4824	100%
11	1,50	3,6914	3,9551	107%
12	1,25	2,9004	3,1641	109%
13	0,80	4,2188	6,0644	144%

Zwarte cleartype Verdana tekst op een lichtgrijze achtergrond

Proef persoon	Visus	90 cm	45 graden	Hoogte voor 45 graden (in verhouding met 90 cm)
1	1,25	2,3730	2,9004	122%
2	0,80	2,3730	3,4277	144%
3	1,25	3,1641	3,1641	100%
4	2,00	1,5820	1,8457	117%
5	1,25	2,9004	3,1641	109%
6	1,00	2,3730	2,9004	122%
7	1,00	3,4277	4,7461	138%
8	1,25	2,3730	2,3730	100%
9	0,80	2,3730	2,9004	122%
10	0,80	2,3730	2,9004	122%
11	1,50	2,3730	2,3730	100%
12	1,25	2,1094	2,3730	113%
13	0,80	2,9004	3,9551	136%

Zwarte cleartype Verdana cijfers op een lichtgrijze achtergrond

Proef persoon	Visus	90 cm	45 graden	Hoogte voor 45 graden (in verhouding met 90 cm)
1	1,25	3,1641	3,1641	100%
2	0,80	3,6914	4,7461	129%
3	1,25	2,9004	3,6914	127%
4	2,00	2,1094	2,1094	100%
5	1,25	3,6914	4,7461	129%
6	1,00	3,1641	5,2734	167%
7	1,00	4,2188	5,2734	125%
8	1,25	3,1641	3,1641	100%
9	0,80	2,9004	4,2188	145%
10	0,80	3,6914	4,7461	129%
11	1,50	3,1641	3,6914	117%
12	1,25	2,3730	2,9004	122%
13	0,80	3,6914	4,2188	114%

De waarden in het grijs hebben een verschillende tekenhoogte, maar worden toch als 100% gezien. Deze verschillende tekenhoogtes liggen dicht bij elkaar en dicht bij elkaar kan niet vanwege het verschil in het aanhouden van hoogte tussen Verdana en Arial.

Bijlage 11: Tabel voor de tekentoets

Tabel voor de tekentoets

In deze tabel staan de waarden die horen bij de tekentoets. Deze tabel wordt als volgt gelezen:
 N staat voor het aantal proefpersonen in de test. De proefpersonen die geen verschil in prettig leesbare tekenhoogte vertoonden zijn hieruit verwijderd.
 k is het aantal proefpersonen dat een kleinere prettig leesbare tekenhoogte wilde.

Een voorbeeld is:

Arial groter dan Verdana
 6 personen

hetzelfde
 6 personen

Arial kleiner dan Verdana
 1 persoon

6 proefpersonen wilden dezelfde tekenhoogte, dus deze worden eruit gehaald. Er blijven nu nog 7 proefpersonen over, dit is de N. 1 proefpersoon wilde de tekens in Arial kleiner dan in Verdana, dit is de k. Bij een N van 7 en een k van 1 hoort de waarde 0,062. Als beslissingscriterium is 0,1 genomen. 0,062 is kleiner dan 0,1, dus er is bewezen dat er verschil is in waarden.

(H0 wordt verworpen, en H0 is in dit geval: er is geen verschil tussen het aantal proefpersonen dat de tekens groter wil en het aantal dat de tekens kleiner wil)

k N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	.062	.312	.688	.938	1.0									
5	.031	.188	.500	.812	.969	1.0								
6	.016	.109	.344	.656	.891	.984	1.0							
7	.008	.062	.227	.500	.773	.938	.992	1.0						
8	.004	.035	.145	.363	.637	.855	.965	.996	1.0					
9	.002	.020	.090	.254	.500	.746	.910	.980	.998	1.0				
10	.001	.011	.055	.172	.377	.623	.828	.945	.989	.999	1.0			
11		.006	.033	.113	.274	.500	.726	.887	.967	.994	.999+	1.0		
12		.003	.019	.073	.194	.387	.613	.806	.927	.981	.997	.999+	1.0	
13		.002	.011	.046	.133	.291	.500	.709	.867	.954	.989	.998	.999+	1.0

Bijlage 12: Toetsing aan normale verdeling

Toetsing aan normale verdeling

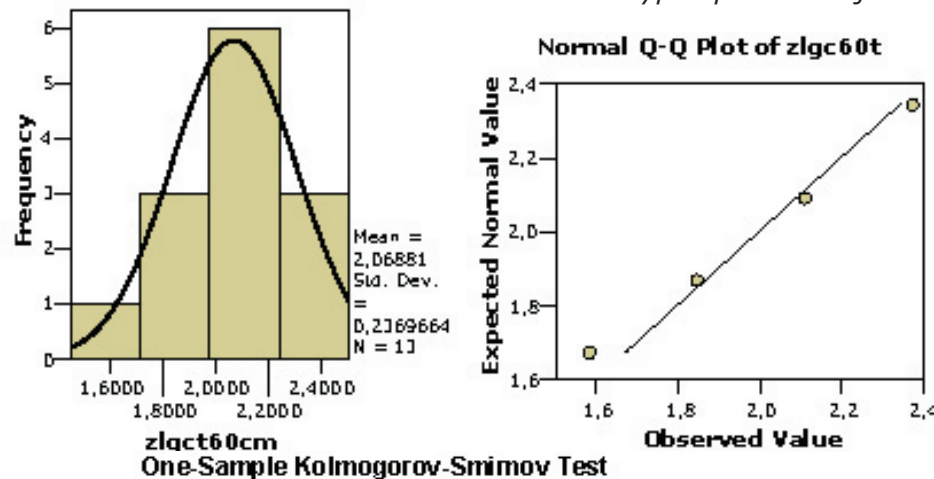
Inleiding

Door een histogram te tekenen met daarin een normaal curve, kan er bepaald worden of de variabele normaal verdeeld is.

Een procedure die meer precies is, is de Kolmogorov-Smirnov toets. Met deze toets kan er vastgesteld worden of de variabele normaal verdeeld is. De nulhypothese is dat de variabele normaal verdeeld is en de alternatieve hypothese is dat de variabele afwijkt van een normale verdeling.

Testresultaten

Zwarte tekst op lichtgrijs achtergrond in cleartype op 60 cm kijkaafstand



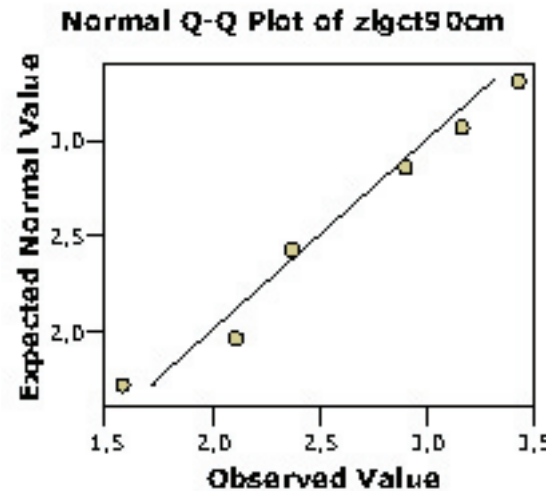
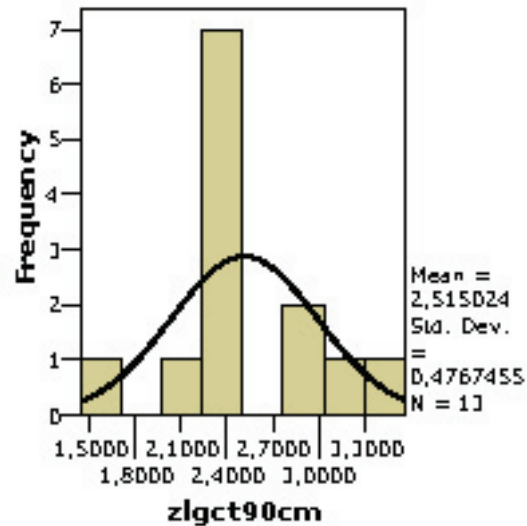
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,068810
	Std. Deviation	,2369664
Most Extreme Differences	Absolute	,260
	Positive	,201
	Negative	-,260
Kolmogorov-Smirnov Z		,938
Asymp. Sig. (2-tailed)		,342

$\alpha = 0,05$

$0,342 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond in cleartype op 90 cm kijkafstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

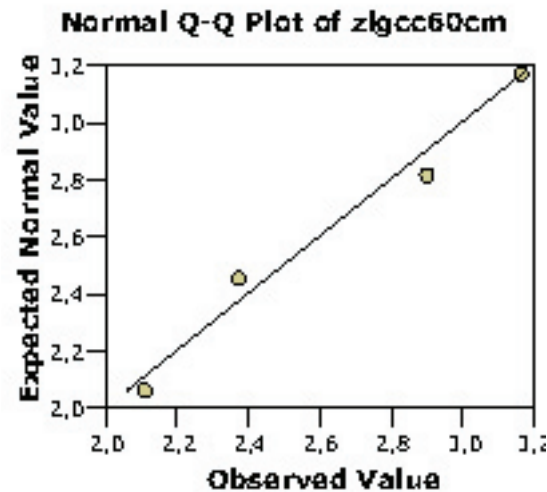
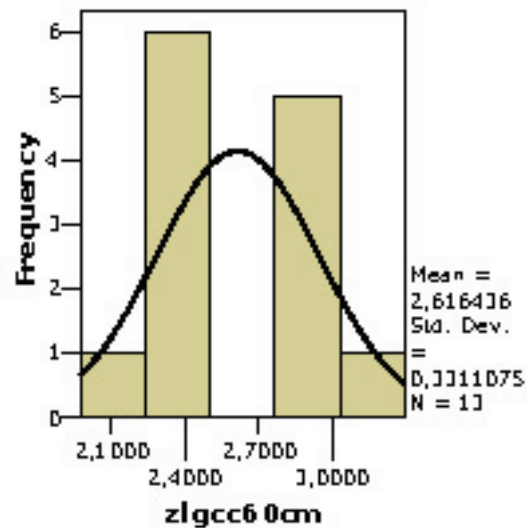
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,515024
	Std. Deviation	,4767455
Most Extreme Differences	Absolute	,309
	Positive	,309
	Negative	-,229
Kolmogorov-Smirnov Z		1,115
Asymp. Sig. (2-tailed)		,166

$\alpha = 0,05$

$0,166 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond in cleartype op 60 cm kijkafstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

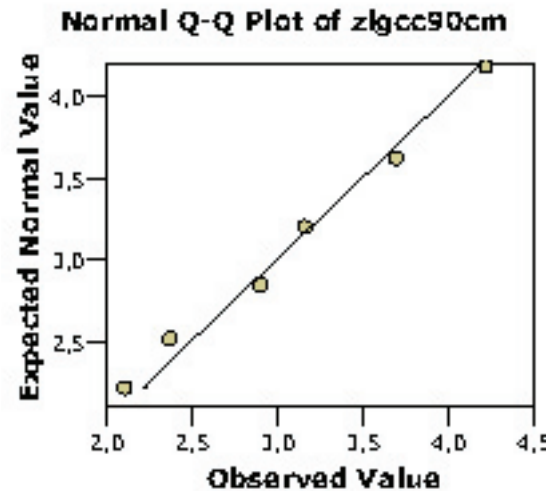
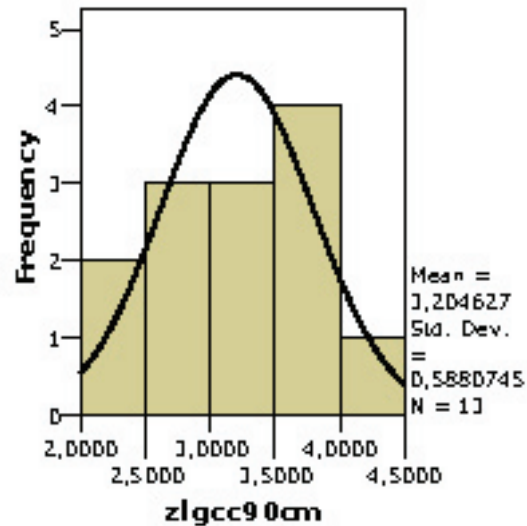
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,616436
	Std. Deviation	,3311075
Most Extreme Differences	Absolute	,307
	Positive	,307
	Negative	-,266
Kolmogorov-Smirnov Z		1,108
Asymp. Sig. (2-tailed)		,172

$\alpha = 0,05$

$0,172 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond in cleartype op 90 cm kijkafstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

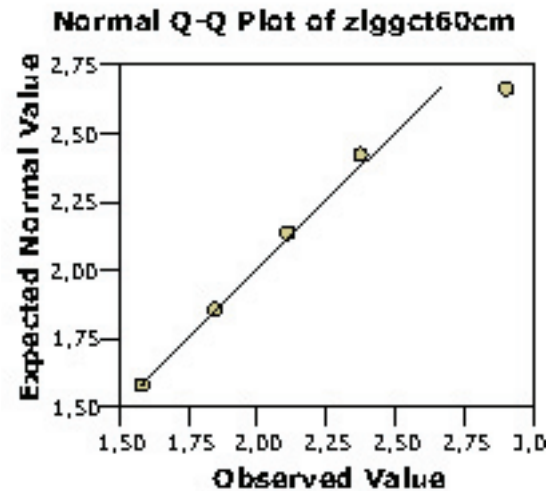
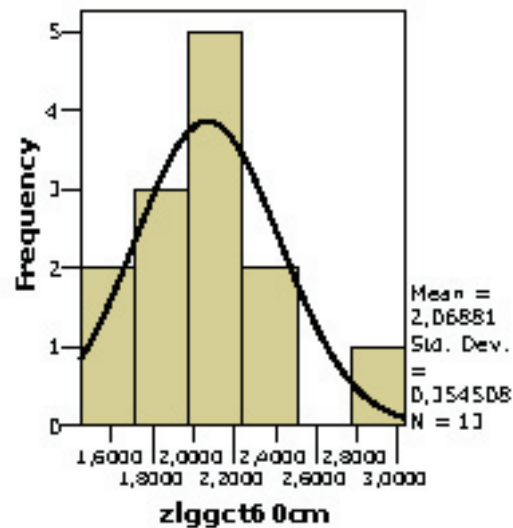
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,204627
	Std. Deviation	,5880745
Most Extreme Differences	Absolute	,181
	Positive	,143
	Negative	-,181
Kolmogorov-Smirnov Z		,652
Asymp. Sig. (2-tailed)		,790

$\alpha = 0,05$

$0,790 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond zonder cleartype op 60 cm kijkaafstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

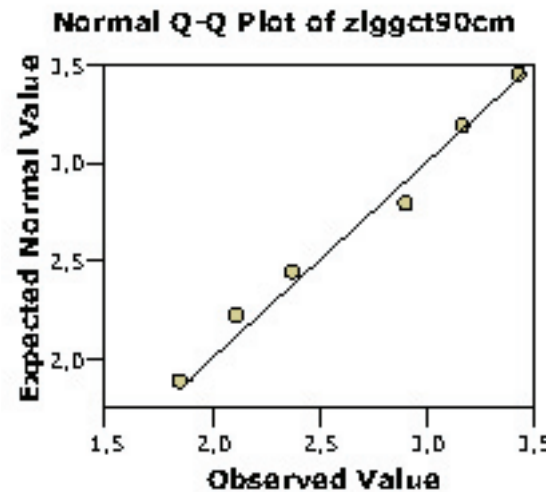
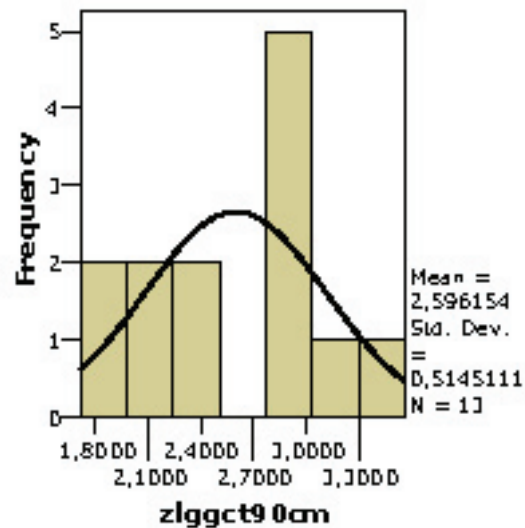
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,068810
	Std. Deviation	,3545080
Most Extreme Differences	Absolute	,224
	Positive	,224
	Negative	-,161
Kolmogorov-Smirnov Z		,806
Asymp. Sig. (2-tailed)		,534

$\alpha = 0,05$

$0,534 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte tekst op lichtgrijze achtergrond zonder cleartype op 90 cm kijfstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

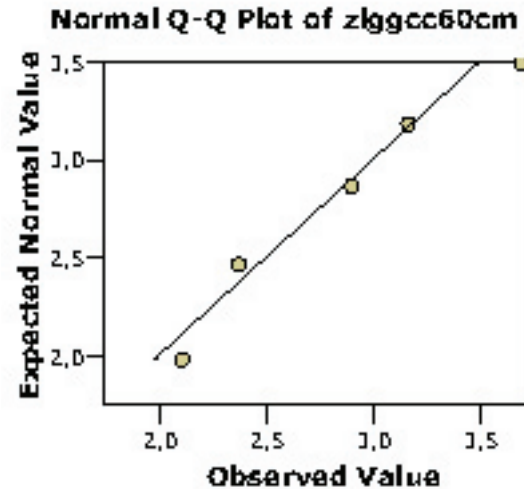
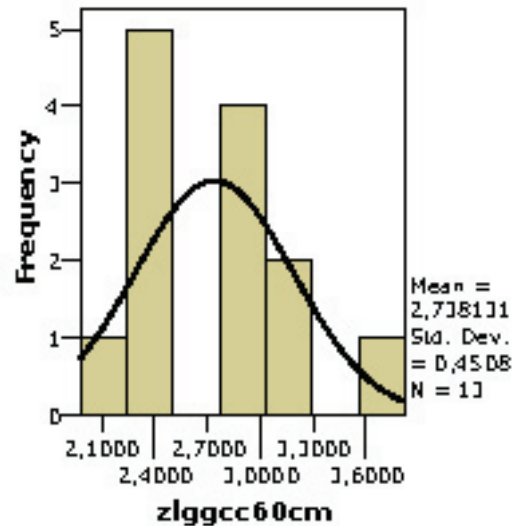
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,596154
	Std. Deviation	,5145111
Most Extreme Differences	Absolute	,261
	Positive	,136
	Negative	-,261
Kolmogorov-Smirnov Z		,942
Asymp. Sig. (2-tailed)		,337

$\alpha = 0,05$

$0,337 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond zonder cleartype op 60 cm kijkafstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

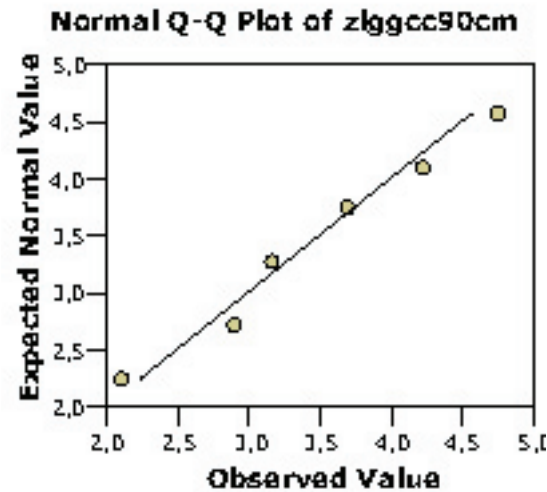
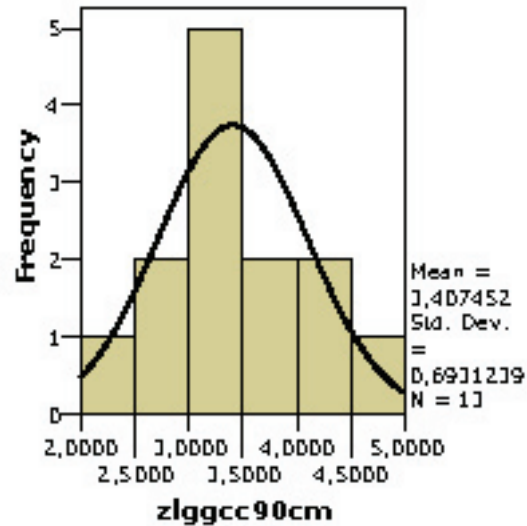
N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,738131
	Std. Deviation	,4508000
Most Extreme Differences	Absolute	,253
	Positive	,253
	Negative	-,179
Kolmogorov-Smirnov Z		,911
Asymp. Sig. (2-tailed)		,378

$\alpha = 0,05$

$0,378 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Zwarte cijferreeks op lichtgrijze achtergrond zonder cleartype op 90 cm kijkafstand



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

N		13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,407452
	Std. Deviation	,6931239
Most Extreme Differences	Absolute	,253
	Positive	,253
	Negative	-,155
Kolmogorov-Smirnov Z		,911
Asymp. Sig. (2-tailed)		,378

$\alpha = 0,05$

$0,378 > 0,05$, dus H_0 wordt aangenomen.

Deze variabele is normaal verdeeld.

Samenvatting

Alle getoetste variabelen zijn normaal verdeeld, voor zover dit kan bij een steekproefgrootte van 13.

