



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för psykologi
Beteendevetenskapliga programmet

LEGO: en mental rotation

Vikten av spatial förmåga vid instruktioner i 2D och 3D

Amelie Hallin & Andrea Jelvéus

Psykologiexamensuppsats. 2015

Handledare: Mikael Johansson
Examinator: Sverker Sikström

Sammanfattning

Syftet med denna undersökning var att se om det blev en tidsskillnad när man byggde LEGO efter tvådimensionella (2D) eller tredimensionella (3D) instruktioner samt ifall 3D instruktioner kan förbättra tiden för människor med lägre spatial förmåga jämfört med 2D instruktioner. Forskningsdesignen var inomdividsdesign och urvalet bestod av 33 deltagare i åldrarna 20-33 år, 11 var kvinnor och 22 var män. En av deltagarna ströks då denna inte följt instruktionerna i uppgiften, resultatet är därför baserat på 32 deltagare. Experimentet bestod av två olika LEGO-modeller som antingen byggdes efter 2D- eller 3D instruktioner.

Undersökningen avslutades med ett spatialt test som mätte deltagarnas spatiala förmåga.

Resultatet visade ingen signifikant skillnad i tid mellan 2D- och 3D instruktioner. Dock fanns en könsskillnad i spatial förmåga där män presterade signifikant bättre vilket stöds av tidigare forskning. Utöver detta fanns en signifikant korrelation mellan 2D instruktioner och spatial förmåga när man kontrollerade för kön. Resultatet indikerar att det krävs mer av den spatiala förmågan vid 2D instruktioner än 3D. I studien diskuteras om 3D kräver mer kognitiv aktivitet jämfört med 2D och huruvida 3D hjälper eller stjälper personer med låg spatial förmåga.

Vidare forskning krävs för att avgöra vinsten med 3D instruktioner och när det bör användas.

Nyckelord: Mental rotation, spatial förmåga, 2D instruktioner, 3D instruktioner, LEGO.

Abstract

The purpose of this study was to see if there would be a time difference when building LEGO after two-dimensional (2D) or three-dimensional (3D) instructions and if the 3D instructions can improve the time for people with lower spatial ability compared to 2D instructions. Research design was repeated measures and the sample consisted of 33 participants between the ages 20-33 years old, 11 were women and 22 were men. One of the participants result was deleted as he had not followed the instructions in the assignment, the result is thereby based on 32 participants. The experiment consisted of two different LEGO models that are either built after 2D or 3D instructions, the study ended with a spatial test that measured the participants spatial ability. The results showed no significant difference in time between 2D and 3D instructions. However a difference between sexes was found in spatial ability where men performed significantly better, which is also supported by previous research. In addition to this, there was a significant correlation between 2D instructions and spatial skills when controlled for sex. This indicates that more spatial skills are needed in 2D than in 3D instructions. The study discusses if 3D requires more cognitive activity compared with 2D and whether 3D will help or hinder people with low spatial ability. Further research is needed to determine the proceeds with 3D instructions and when it should be used.

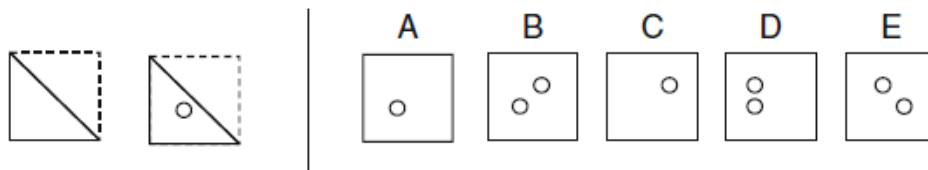
Keywords: Mental rotation, spatial abilities, 2D instructions, 3D instructions, LEGO.

Introduktion

När människor navigerar genom en ny stad, avgör i vilken hand frihetsgudinnan håller facklan i och bedömer vid vilket ögonblick slagträet ska svingas mot den närmande basebollen, är alla exempel på situationer då människor använder sig av sin spatiala förmåga för att tolka och förstå omvärlden. Genom att skapa mentala representationer går det att lokalisera vägen tillbaka efter att ha gått hem till en vän och användningen av spatiala förmågor utnyttjas i hög grad även när vi bygger ihop IKEA-möbler efter instruktioner. Som mycket annat i dagens samhälle används teknologi för att underlätta problem som uppstår i vardagen. Detta gäller även i utvecklingen av manualer. LEGO är ett av de företag som förutom sina tvådimensionella (2D) instruktioner även utvecklat en app som ger samma instruktioner tredimensionellt (3D). Appen kan laddas ner till en iPad eller surfplatta och tillåter användaren att zooma in, flytta och snurra på de olika delarna i instruktionen vilket gör det möjligt att ändra vy efter behov. Då 3D instruktioner är relativt nytt i dagens samhälle är forskningen kring huruvida dessa instruktioner hjälper eller stjälper människors prestationer begränsad.

Det finns olika subvarianter av spatial förmåga och mest forskning har gjorts kring faktoriell spatial visualisering samt spatial relation (Höffler, 2010). I denna studie kommer fokus och syftning av spatial förmåga att referera till mentala rotationer, det vill säga individens förmåga att mentalt vrida ett föremål i huvudet. Hegarty (2010) konstaterar i sin artikel att försökspersoner använder sig av olika logiska strategier för att lösa spatiala problem. De flesta använde sig av strategin att skapa mentala representationer av bilder i huvudet som de roterar, vecklar ut och bygger ihop (mental rotation). Men det förekommer även andra strategier som Hegarty definierar som analytiskt regelbaserade, där man istället för att visualisera bilder tänker logiskt. Båda strategierna upptäcktes när det gjordes en studie på *paper folding task* som gick ut på att deltagarna fick se en bild på ett papper som först veks och sedan fick ett hål i sig. Deltagarnas uppgift var sedan att säga vilket svarsalternativ som var korrekt när pappret veks ut igen (figur 1) (Hegarty, 2010).

Paper folding task



Figur 1. Exempelbild från paper folding task (Hegarty, 2010).

De flesta av deltagarna föreställde sig mentalt att de vek pappret, gjorde hålen och sedan vek ut pappret igen. Ett flertal av dem använde sig även av analytiska strategier där de först listade ut vart hålen skulle hamna och sedan uteslöt det inkorrekta svaren. En annan strategi som förekom var att räkna ut antalet gånger pappret veks samt hur många lager av papper som hålet gjordes i för att på så vis få fram rätt antal hål. Deltagarna använde ofta en kombination av de olika strategierna och deras resultat korrelerade även med antalet strategier som de rapporterat använda sig av (Hegarty, 2010). Resultatet indikerar att spatiala problem oftast reds ut genom att skapa mentala representationer och att detta i kombination med fler analytiska strategier ger en positiv effekt på prestationen i uppgiften, det vill säga att deltagaren presterar ännu bättre (Hegarty, 2010; Stieff, u.å.). De analytiskt regelbaserade strategierna används även vid mer komplexa spatiala uppgifter där det krävs att personen kan tänka i flera led och utifrån ett objekts rörelse avgöra hur nästa objekt ska röra sig i en serie av rörelser. Detta är något som bland annat ingenjörer och mekaniker använder sig av när de designar ett nytt instrument eller ska laga ett fel på en motor. Att föreställa sig alla dessa komplexa interaktioner samtidigt i arbetsminnet är dock omöjligt. Därför använder sig människor av en strategi som kallas söndra och härska (*divide and conquer*) som innebär att delarna föreställs separat istället för i ett helhetsperspektiv (Hegarty, 2010). Om exempelvis 15 stycken kugghjul är kopplade till varandra och syftet är att beräkna åt vilket håll det sjunde kugghjulet i ordningsföljden kommer att snurra, kommer deltagarna att uppmärksamma de rörelser som sker *innan* det sjunde kugghjulet. (Hegarty, 1992). I detta exempel innebär det att deltagarna uppmärksammar rörelserna hos de sex första kugghjulen i följdordningen för att avgöra hur deras förflyttning kommer att påverka rörelsen hos det sjunde kugghjulet. På så sätt bryter deltagarna ner den stora bilden till mindre sekvenser för att förutspå vad som kommer att ske. De åtta kugghjul som kommer sist i ordningsföljden kommer inte att uppmärksammas (Hegarty, 1992). Hegarty (1992) har i sin forskning dessutom funnit en linjär

relation mellan vilken position i ordningsföljden delen av intresse har, exempelvis kugghjul nummer sju, och tiden det tar för deltagarna att avgöra rörelsen. En senare placering i ordningsföljden innebär att det tar längre tid för deltagaren att avgöra rörelsen för kugghjulet. Resultatet stämmer överens med en studie av Shepard och Metzler (1971) som visar att en större rotation på ett objekt innebär en längre reaktionstid hos deltagarna jämfört med en mindre rotation som innebär en kortare reaktionstid. Graden av rotation korrelerar alltså positivt med tiden det tar för deltagaren att avgöra om det är samma objekt som visats. Tillsammans med Hegartys (1992; 2010) resultat indikerar detta på att människor bryter ner komplexa system i lättare interaktioner och sekvenser, exempelvis hur rotationen av ett objekt har gått till, för att lösa uppgiften. Ytterligare studier har påvisat samma resultat där deltagare i undersökningarna har arbetat med 3D modeller som de sedan skapat ett tvärsnitt av. Dessa experiment var inspirerade av hur läkare använder och tolkar bilder från bland annat magnetisk resonanstomografi (MRI), som är ett medicinskt instrument som fungerar som ett alternativ till röntgen när man vill undersöka bland annat skador på hjärnan och organ. Även här använde sig deltagarna av strategin dela och behärska istället för att betrakta objektet som helhet (Cohen & Hegarty, 2007; Hegarty, 2010; Keehner, Hegarty, Cohen, Khooshabeh, & Montello, 2008).

Enligt forskning av Stieff (u.å), som även stöds av forskning av Schwartz och Black (1996), används mentala rotationer både i nya situationer och i ett tidigt stadium av ett problem. När förståelse sedan uppstår för de olika delarnas funktion övergår man till en mer regelbaserad strategi. Strategin används bland annat inom kemi för att förstå hur olika molekyler är sammansatta. Nybörjare inom ämnet använder sig ofta av mental rotation för att avgöra huruvida två molekyler har samma uppbyggnad medan erfarna istället använder sig av en regelbaserad strategi. Dock tar nybörjarna snabbt upp strategin om den lärs ut (Hegarty, 2010; Stieff u.å). Resultatet indikerar att nybörjare främst använder sig av mental rotation i början men att de under tidens gång uppfattar regler och på så vis utvecklar en mer regelbaserad strategi. (Hegarty, 2010; Schwartz & Black, 1996; Stieff, u.å). Studier har även visat att människor föredrar verkliga framför enkla representationer av föremål och kartor. I en undersökning med den amerikanska flottan, US Navy, jämfördes två typer av kartor, en med hög detaljrikedom och en av betydligt simplare slag. Deltagarna ombads avgöra vilken karta som de ansåg skulle vara effektivast för att anlägga en rutt över ett terrängområde. Deltagarna predicerade att den detaljrika kartan skulle vara mer gynnsam men i själva verket presterade de betydligt bättre med den enkla kartan. Detta, hävdar Hegarty (2010), indikerar

att trots människors preferens av realistiska kartor i 3D förbättrar dessa nödvändigtvis inte vår prestation utan kan snarare stjälpa den. Hegarty tar även upp ytterligare ett exempel på detta där hon tillsammans med sina kollegor undersökte väderkartor med både experter och nybörjare. Fast att deltagarna inte behövde särskilt mycket information på kartan för att lösa uppgiften valde de ofta att ha flera valbara lager som försåg dem, utifrån uppgiften sett, med onödig information. Detta var något som nybörjarna gjorde i högre grad än experterna. Både precisionen och reaktionstiden förlängdes när deltagarna utförde uppgifterna på realistiska kartor jämfört med de enkla. Reaktionstiden förlängdes även när fler variabler lades till på kartan. Experterna hade väldigt bra precision på de olika kartorna men genom att addera variabler förlängdes även deras reaktionstid, dock inte lika mycket som för nybörjarna. Vissa av experterna nämnde att de trodde att deras prestation skulle bli bättre genom att addera viss information men i själva verket gjorde det dem långsammare. Även detta resultat tyder på att både experter och nybörjare har en tendens att välja realistiska displayer trots att detta försämrar deras förmåga (Hegarty, 2010). Passig och Eden (2000) har också undersökt tvådimensionellt kontra tredimensionellt. Deras forskning har visat att döva barn som arbetade med spatiala rotationer i 3D fått signifikant bättre induktivt tänkande tack vare virtuell verklighet (VR), jämfört med kontrollgruppen som arbetade på samma sätt i 2D. Toptas, Celik & Karaca (2012) visar på liknande resultat i sin studie där de undersökte hur man med hjälp av Googles program sketchUp kan förbättra elevers spatiala förmåga i skolundervisning. Resultatet visade att elever som fått arbeta med datorer där de kunde jobba med 3D modeller utvecklade sin spatiala förmåga mer jämfört med de elever som fått arbeta med 2D modeller på papper. Detta resultat indikerar att dataprogram som använder sig av tredimensionella modeller, där möjligheten att zooma in och vrida finns, underlättar och förbättrar människors spatiala förmåga samt att det är möjligt att öva upp den. De tar även upp att det finns en könsskillnad där flickornas spatiala förmåga hade förbättrats mer än pojkarnas av att arbeta med 3D (Toptas et al., 2012). Att könsskillnader finns visas även i andra studier där män presterat bättre än kvinnor på de flesta spatiala tester (Campos, 2014; Campos, 2012; Vandenberg, & Kuse, 1978). Dock har studier visat att det finns ett undantag. Kvinnor presterar bättre än män på tester som omfattar bearbetningen av objekts visuella utseende, det vill säga dess färg, form, mönster, textur och detaljer (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009; Campos, 2014). Campos (2014) diskuterar om könsskillnaden kan bero på att män och kvinnor har olika strategier för att lösa uppgifter, om det är hormonella skillnader eller om socialisering kan spela in. Vidare lägger han fram att det fortfarande finns skilda åsikter kring

vad dessa olikheter kan bero på då studier fokuserat på åtskilda faktorer (Collaer & Hines, 1995; Kimura, 1999; Linn & Petersen, 1985; Sanders, Sjodin, & de Chastelaine, 2002; Sanders & Wenmoth, 1998, refererat i Campos, 2014). Campos (2014) avslutar sitt resonemang med att diskutera vikten av socialisering och uppfostran där pojkar uppmuntras, i större utsträckning än flickor, att spela datoriserade spel som innehåller och utvecklar mental rotation (Masters & Sanders, 1993; Oosthuizen, 1991; Saucier, McCreary, & Saxberg, 2002, refererat i Campos, 2014). Han lägger därför fram att det i framtiden vore intressant att undersöka både köns- och kulturella skillnader och hur det påverkar förmågan till mental rotation (Campos, 2014). Vandenberg och Kuse (1978) föreslår att mentala rotationstest skulle kunna användas för att undersöka utvecklingen av spatial förmåga hos barn för att se om skillnaden mellan män och kvinnor kan bero på puberteten eller hormonella skillnader.

Instruktioner är till för att underlätta förståelsen och användningen av till exempel teknisk utrustning eller för att kunna bygga ihop en IKEA-stol. Dock kan dessa instruktioner skapa problem om texten och instrumentet inte stämmer överens. Detta leder till att användaren utnyttjar egen kunskap för att kompensera för den saknade informationen, vilket i sin tur leder till att användaren gör interferenser som kan skapa högre kognitiv belastning. Manualer som har onödigt eller komplicerad information kräver mer tid att bearbeta och tar därmed längre tid att slutföra. Granier och Qurrec (u.å.) delar upp tolkningen av en text i tre delar: den skrivna texten, informationen som kommer från situationen samt tidigare kunskap. Deras resultat visar att matchande instruktioner med text och bild som stämmer överens förbättrar användarens prestation genom att underlätta dessa tre delar av tolkningen (Ganier & Querrec, u.å.). När vi följer en komplicerad instruktion eller lär oss något nytt är samarbetet mellan arbetsminnet och långtidsminnet i högsta grad involverat. *Cognitive load theory* (CLT) redovisar hur arbetsminnets kapacitet belastas i en omfattning från låg- till hög grad beroende på samverkan mellan arbetsminnet och långtidsminnet. Tidigare kunskapsscheman som är lagrade i långtidsminnet och automatiserade processer underlättar för processen i arbetsminnet och frigör fler kognitiva resurser (Paas & Ayres, 2014; Paas, Renkl, & Sweller, 2003; Paas, Renkl, & Sweller, 2004). Vid främmande eller komplexa situationer krävs mer kognitiva resurser med direkt resultat att färre resurser finns tillgängliga att utnyttja i arbetsminnet. Teorin *ability-as-compensator* hypotiserar att bristande spatial förmåga kan kompenseras av viss typ av visuellt åskådliggörande, exempelvis 3D animationer, som väger upp för de krävande mentala rotationerna (Höffler, 2010). Istället för att behöva omvandla tvådimensionella bilder till tredimensionella kan personen istället utföra rotationen med 3D

animationer på exempelvis en iPad. I en studie av Münzer (2013) undersöktes effekten av animationer i en uppgift om igenkänning för roterade spatiala strukturer. Münzer undersökte även huruvida statiska bilder (2D) samt animationer (3D) interagerar med mentala rotationer och dess kognitiva processer. Resultatet av undersökningen visar att skillnad i tid mellan deltagarnas igenkänning kunde förklaras av deras nivå av spatial förmåga. Münzer fann även att deltagarnas förmåga till mental rotation var särskilt viktig vid statiska bilder men hade en mindre betydelse vid animationer. Resultatet stöttar teorin om *ability-as-compensator*. Motsättningar till kompensationen som 3D animationer kan ge finns dock i teorin *ability-as-enhancer* då samband upptäckts mellan 3D användning och en högre kognitiv belastning (Huk, 2006; Mayer & Sims, 1994). En allt för hög eller för låg belastning av arbetsminnets kapacitet ger båda en negativ effekt på inläring där människor antingen blir överbelastade eller inte tillräckligt utmanade, men en hanterbar kognitiv belastning kan däremot vara gynnsamt för lärandet (Paas et al., 2004). I enlighet med detta bör personer med hög spatial förmåga vara de som drar nytta av att lära sig från animationer eftersom personerna har tillräckligt med kapacitet att både hantera belastningen av animationerna i 3D samt att lära sig (Huk, 2006; Mayer & Sims, 1994). I sitt experiment upptäckte Huk (2006) att studenter med låg spatial förmåga tog längre tid på sig vid användning av 3D modeller jämfört med högspatiala studenter. Huks slutsats är att personer med låg spatial förmåga behöver lägga mer kognitiva resurser vid 3D inläring och belastningen av arbetsminnet blir därför högre. Huruvida 3D stödjer lågspatiala eller högspatiala individer är omdiskuterat och som nämnts ovan går åsikterna isär (Huk 2006; Höffler 2010; Mayer & Sims, 1994; Münzer, 2013; Paas & Ayres, 2014; Paas et al., 2003; Paas et al., 2004).

Syftet med denna undersökning är att se om det finns någon tidsskillnad när man bygger LEGO efter 2D- eller 3D instruktioner samt ifall 3D instruktioner kan förbättra tiden för människor med lägre spatial förmåga enligt *ability-as-compensator*. Ett resultat som indikerar att människor med låg spatial förmåga hjälps av 3D instruktioner skulle kunna öka förståelse för hur människor har olika lätt/svårt att följa instruktioner. Signifikanta resultat skulle även kunna innebära att framtida instruktioner bör vara i 3D-format för att underlätta för människor med lägre spatial förmåga.

Undersökningens hypoteser är följande, **H1** - det finns en skillnad i tid mellan att bygga efter 2D eller 3D instruktioner där 3D instruktioner leder till en snabbare tid jämfört med 2D instruktioner. **H2** - det finns ett samband mellan deltagarens spatiala förmåga och tiden det tar att bygga efter instruktionerna i både 2D och 3D.

Metod

Deltagare

Deltagarna bestod ut av 33 personer i åldrarna 20-33 år varav 11 var kvinnor och 22 var män. En deltagares resultat ströks då personen inte följde instruktionerna i det spatiala testet. I undersökningen analyserades därför resultatet på 32 personer. Urvalet var ett bekvämlighetsurval där majoriteten av rekryteringen skedde på Lunds universitet samt via sociala medier. En nackdel med bekvämlighetsurvalet var att ett eventuellt resultat inte skulle vara representativt för en större population. En styrka med experimentet var dock inomindividdesignen och den höga ekologiska validiteten som experimentet hade. Vad som avgjorde beslutet var den bristande tid som fanns inom ramen för datainsamling och att prioriteringen var att få in så många deltagare som möjligt inom denna ram.

Instrument

Experimentet utfördes med två identiska byggsatser av LEGO. LEGO-modellerna var så kallade 2-in1, det vill säga att två varianter ut av samma modell var möjliga att bygga utifrån samma LEGO-bitar. I en del av experimentet fick deltagarna bygga ihop LEGO-modellen utifrån medföljande instruktionsblad i 2D-format. Under en annan del av experimentet fick deltagarna bygga ihop den återstående LEGO-modellen utifrån en 3D instruktion som LEGO själva utvecklat. 3D instruktionerna var tillgängliga via LEGOS app som laddats ner från Appstore till en iPad. Experimentet avslutades med ett formulär och ett test. Formuläret var kopplat till deltagarens demografi och där personen fick fylla i uppgifter om kön, ålder, högst uppnådda nivå av utbildning, inriktning på utbildning, huruvida personen var nuvarande student vid högskola/universitet, antal högskolepoäng deltagaren läst, om de är yrkesamma och inom vilket yrke samt om de är högerhänt, vänsterhänt eller ambidextriös. Formuläret följdes av ett spatialt test som mätte deltagarnas förmåga att rotera ett objekt i huvudet. Testet är utvecklat av Alfredo Campos (2012) och har namnet *Measure of the Ability to Rotate Mental Images* (MARMI). Testet har hög reliabilitet och validitet och korrelerar signifikant med tidigare erkända test som *Primary Mental Aptitude Test* (PMA) och *Mental Rotation Test* (MRT) som båda testar mental rotation (Campos, 2012). Originalinstruktionerna översattes från engelska till svenska samt förtydligades efter att testpersoner, som endast fick läsa instruktionerna, uppfattade dem som svårförstådda. Förtydliganden gjordes i både instruktionernas text och bild för att undvika att felaktiga svar berodde på otydliga

instruktioner och inte som ett resultat på deltagarnas spatiala förmåga. Det spatiala testet bestod av en ovikt kub som deltagaren skulle montera ihop och sedan rotera i huvudet så att den i sin tur matchade två av svarsalternativen som bestod av fyra kuber, där två var korrekta och två var inkorrekta. Fullständigt test inklusive de demografiska frågorna finns i bilaga 1.

Design

Experimentets design var inomindividdesign, där varje försöksperson fick genomföra båda testvillkoren med syfte att mäta hur snabbt deltagarna kunde bygga ihop LEGO-modellerna utifrån varje betingelse. Designen valdes för att i största mån exkludera okända variabler som kunde påverka resultatet som exempelvis tidigare vana att bygga med LEGO och erfarenhet av att tolka och följa instruktioner. Då syftet även var att undersöka huruvida deltagare med låg spatial förmåga bistods av att använda 3D instruktioner var detta ytterligare en grund för en inomindividdesign. Designen ökar känsligheten i experimentet och chansen att hitta ett resultat även om skillnaderna för de olika betingelserna inom varje individ är små.

Experimentet hade en hög ekologisk validitet där tiden som mättes för varje enskild deltagare hade en direkt relation till deltagarnas prestation, och processen för att bygga LEGO utifrån medföljande instruktion har en verklighetsnära natur och kan tänkas likna hur LEGO-instruktioner följs även utanför experimentet.

Procedur

Experimentet bestod ut av två huvuddelar. I första delen fick deltagarna bygga ihop LEGO-modeller utifrån instruktioner och i den andra delen av experimentet mättes deltagarnas spatiala förmåga. Deltagarna randomiserades in i fyra olika grupper som avgjorde vilken instruktion och modell de skulle börja med. Grupperna var följande:

- Grupp 1: LEGO-modell 1 med 2D instruktion följt av LEGO-modell 2 med 3D instruktion.
- Grupp 2: LEGO-modell 1 med 3D instruktion följt av LEGO-modell 2 med 2D instruktion.
- Grupp 3: LEGO-modell 2 med 2D instruktion följt av LEGO-modell 1 med 3D instruktion.
- Grupp 4: LEGO-modell 2 med 3D instruktion följt av LEGO-modell 1 med 2D instruktion.

Experimentledaren var närvarande under hela experimentet och tog tiden för varje LEGO-modell. När deltagaren var klar med första modellen gavs en 10 minuters paus där deltagaren fick möjlighet att sträcka på benen. Efter pausen byggdes den återstående modellen ihop efter den andra typen av instruktion. Efter varje avslutad modell gavs möjlighet att ge feedback på instruktionerna samt om de uppfattat något problem under modellbyggandet. Efter avslutat experiment hade deltagaren byggt samman två olika LEGO-modeller utifrån en 2D instruktion och en 3D instruktion. När båda modellerna var monterade fick deltagaren fylla i en blankett med demografiska uppgifter samt göra det spatiala rotationstestet MARMI. Deltagarna gavs 10 minuter att lösa så många uppgifter som möjligt på testet.

Etik

Innan experimentet började informerades deltagaren skriftligt om vad experimentet gick ut på. Alla resultat behandlades anonymt där deltagarna kopplades till ett ID-nummer för analysen. Deltagarna informerades även om att medverkandet i experimentet var helt frivilligt och att de när som helst kunde avbryta utan några konsekvenser. Även en muntlig avstämning skedde kring utförandet av experimentet där deltagarna kunde ställa frågor. Efter avslutat experiment gavs möjligheten till en debriefing där deltagarna kunde ställa frågor kring undersökningen och rätta ut eventuella frågetecken som uppstått.

Resultat

Tabell 1. Genomsnittlig prestation i tid och instruktioner. Skillnaden inom betingelserna tid och instruktion.

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
<i>Tid 1</i>	29.71	7.66			
<i>Tid 2</i>	25.68	5.87			
<i>I2D</i>	27.78	6.95			
<i>I3D</i>	27.60	7.30			
<i>Tid 1 – Tid 2</i>			4.204	31	.000
<i>I2D – I3D</i>			.147	31	.884

Ett paired-samples t-test utfördes för att utvärdera skillnaden mellan deltagarnas Tid 1 och Tid 2, samt för instruktioner i 2D (mätt i tid) och instruktioner i 3D (mätt i tid). Tabell 1 visar att det fanns en signifikant skillnad mellan tiderna i Tid1 ($M = 29.71$, $SD = 7.66$) och Tid 2 ($M = 25.68$, $SD = 5.87$), $t(31) = 4.204$, $p < .0001$, two-tailed, $\eta^2 = 0.37$, där Tid 2 var snabbare. Mellan 2D ($M = -.015$, $SD = 1.01$) och 3D ($M = -.016$, $SD = 1.01$), $t(31) = .002$, $p < .999$, two-tailed fanns ingen signifikant skillnad.

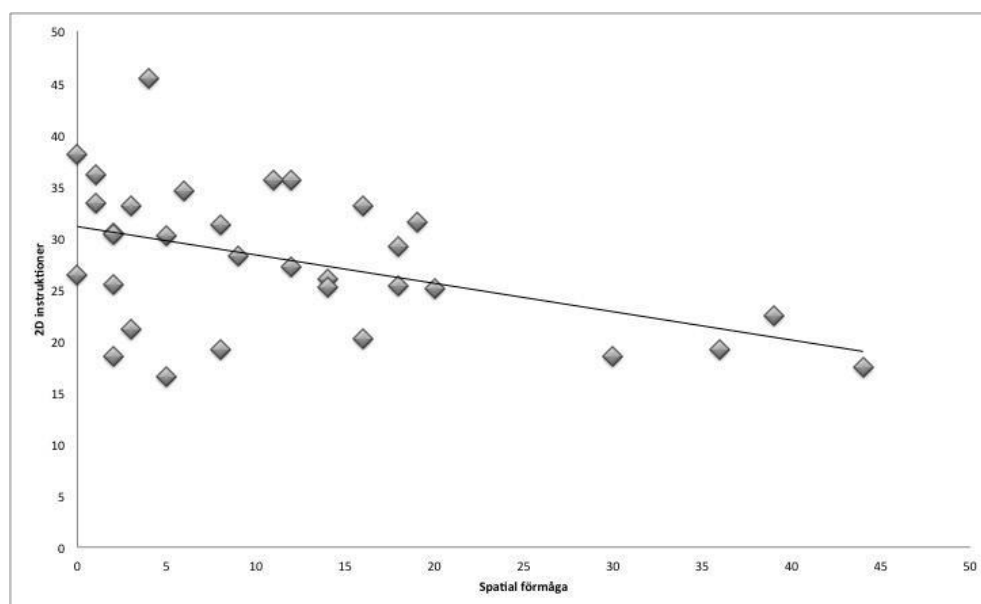
Tabell 2. Mätning av korrelation mellan spatial förmåga, instruktioner i 2D samt instruktioner i 3D.

<i>Instruktion</i>	<i>Spatial förmåga</i>	
		<i>Sig. (2-tailed)</i>
<i>I2D</i>	– .461**	.008
<i>I3D</i>	– .438*	.012

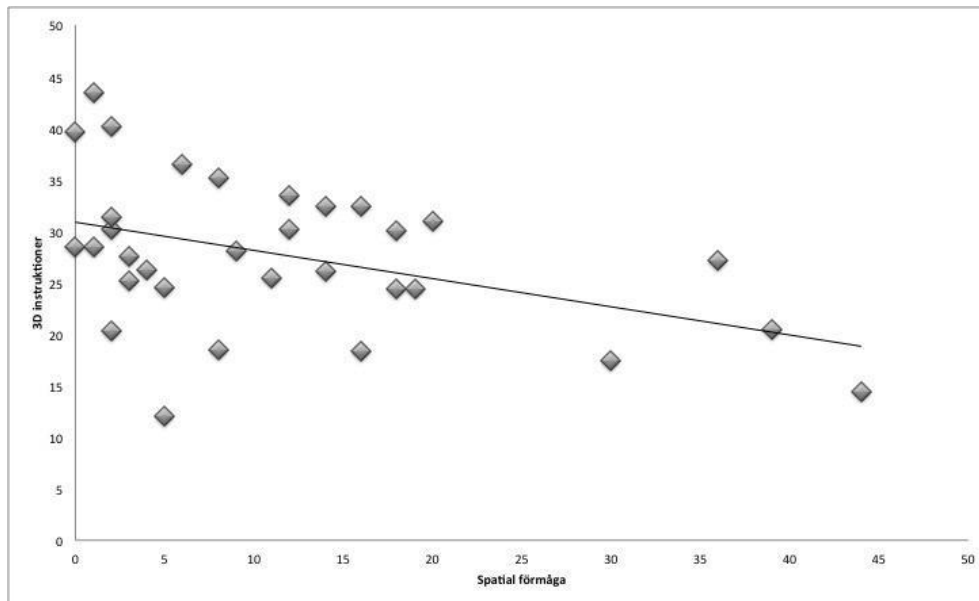
***. Korrelationen är signifikant vid nivån 0.01 (2-tailed).*

**. Korrelationen är signifikant vid nivån 0.05 (2-tailed).*

Relationen mellan instruktion i 2D (mätt i tid) och spatial förmåga (mätt med MARMI), samt relationen mellan instruktion i 3D (mätt i tid) och spatial förmåga undersöktes med Pearson product-moment korrelationskoefficient. Preliminära analyser genomfördes för att försäkra att inga brott av antaganden gällande normalitet, linjäritet och homoscedasticitet. Tabell 2 visar att det fanns en mediumstark negativ korrelation mellan variablerna för 2D och spatial förmåga, $r = -.46$, $p < .008$, där hög spatial förmåga associeras med kortare tid att bygga ihop LEGO-modellen. Lika så fanns en mediumstark negativ korrelation mellan variablerna för 3D och spatial förmåga, $r = -.44$, $p < .012$, där hög spatial förmåga associeras med kortare tid att bygga ihop LEGO-modellen.



Figur 2. Scatterplot som illustrerar den negativa korrelationen mellan spatial förmåga och instruktioner i 2D.



Figur 3. Scatterplot som illustrerar den negativa korrelationen mellan spatial förmåga och instruktioner i 3D.

Tabell 3. Korrelation och signifikansnivån för spatial förmåga, instruktioner i 2D samt instruktioner i 3D med kontroll för påverkan av kön.

Kontroll av	Instruktion		Sig. (2-tailed)
Kön		Spatial förmåga	
	I2D	-.423	0.018*
	I3D	-.301	.100

Partiell korrelation användes för att undersöka relationen mellan instruktioner i 2D (mätt i tid) och 3D (mätt i tid) samt spatial förmåga (mätt med MARMI), där påverkan av kön kontrollerades. Preliminära analyser genomfördes för att försäkra att inga brott av antaganden gällande normalitet, linjäritet och homoscedasticitet. Det fanns en mediumstark negativ korrelation mellan variablerna 3D och spatial förmåga, $r = -.30$, $p < .10$, vilket kan ses i tabell 3 och ett signifikant värde hittades för 2D och spatial förmåga, $r = -.42$, $p < .018$.

Tabell 4. Skillnad mellan kvinnor och män i spatial förmåga, 2D instruktioner samt 3D instruktioner.

	Levene's test för lika varianser		t	df	Sig. (2-tailed)
	F	Sig.			
Spatial förmåga	2.934	.097	-2.72	30	.011
I2D	3.221	.083	1.14	30	.264
I3D	0.91	.765	2.68	30	.012

Ett oberoende t-test gjordes för att undersöka könsskillnader. Resultaten i tabell 4 visar att det fanns en signifikant skillnad mellan män ($M = 15.57$, $SD = 12.18$) och kvinnor ($M = 4.82$, $SD = 6.37$); $t(30) = -2.72$, $p = .011$, *two tailed*, $\eta^2 = 0.2$, i spatial förmåga. Det fanns även en signifikant skillnad mellan män ($M = 25.60$, $SD = 6.81$) och kvinnor ($M = 32$, $SD = 6.35$); $t(30) = 2.68$, $p = .012$, *two tailed*, $\eta^2 = 0.19$, i 3D instruktioner där män byggde LEGOT på kortare tid. Inga signifikanta nivåer visades mellan män ($M = 26.78$, $SD = 7.71$) och kvinnor ($M = 29.70$, $SD = 4.97$); $t(30) = 1.14$, $p = .264$, *two tailed*, i 2D instruktioner. Levene's test för lika varianser utfördes för att säkerställa antagandet att variansen hos deltagarna som valts ut var lika. Resultatet visar att variansen hos gruppen män samt kvinnor var lika för spatial förmåga ($p = .097$), 2D instruktion ($p < .083$) samt 3D instruktioner ($p = .765$).

Tabell 5. Genomsnittlig prestation samt signifikansnivå i skillnad för tid och typ av instruktion inom gruppen kvinnor och inom gruppen män.

	Kvinna		Man		Sig. (2-tailed)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Kvinna	Man
Tid 1	33.86	5.67	27.54	7.78		
Tid 2	27.81	3.93	24.56	6.47		
I2D	29.70	4.97	26.78	7.71		
I3D	31.97	6.34	25.32	6.81		
Tid 1 – Tid 2					.003	.020
I2D – I3D					.360	.280

Kvinnor påvisar en skillnad i prestation mellan Tid 1 ($M = 33.86$, $SD = 5.67$) och Tid 2 ($M = 27.81$, $SD = 3.93$); $p = .003$, *two tailed*, där kvinnorna är signifikant snabbare vid Tid 2. Ingen signifikant skillnad hittades för kvinnor mellan 2D instruktioner ($M = 29.70$, $SD = 4.97$) och 3D instruktioner ($M = 31.97$, $SD = 6.34$); $p = .360$, *two tailed*, vilket demonstreras i tabell 5. Samma tabell visar även att män skiljde sig signifikant mellan Tid 1 ($M = 27.54$, $SD = 7.78$) och Tid 2 ($M = 24.56$, $SD = 6.47$); $p = .020$, *two tailed*, där prestationen var snabbare vid Tid 2. Inget signifikant resultat hittades för män mellan 2D instruktioner ($M = 26.78$, $SD = 7.71$) och 3D instruktioner ($M = 25.32$, $SD = 6.81$); $p = .280$, *two tailed*.

Diskussion

Studien syftar till att undersöka huruvida 3D instruktioner kan underlätta processen när personer ska följa en instruktionsmanual. Ytterligare en hypotes finns om att deltagarnas spatiala förmåga samvarierar med tiden det tar för dem att bygga ihop LEGO-modellerna utifrån instruktionerna i 2D och 3D, där personer med en lägre spatial förmåga kan gynnas mer av att arbeta med 3D instruktioner och på så sätt förbättra sin prestation i tid. Resultatet i tabell 1 visar ingen signifikant skillnad i tid mellan de två typerna av instruktioner vilket bekräftar nollhypotesen och forskningshypotesen förkastas. En signifikant negativ korrelation hittades däremot i tabell 2 mellan deltagarnas spatiala förmåga och tiden det tog för dem att

bygga ihop LEGOT. Hög spatial förmåga associerades med snabbare tid att bygga oavsett typ av instruktion, vilket även illustreras i figur 2 och figur 3. Detta följer studiens andra hypotes (H2). Korrelationen, som visas i tabell 3, var dock endast signifikant mellan spatial förmåga och 2D instruktioner när påverkan av kön kontrollerades. Resultatet indikerar att den spatiala förmågan har en stor betydelse för deltagarna när de ska bygga efter 2D instruktioner men inte vid 3D instruktioner. Detta går i linje med teorin om *ability-as-compensator* där människor med låg spatial förmåga har svårare med den mentala översättningen från 2D till 3D och därför behöver använda mer kognitiva resurser i processen. 3D instruktionerna kan här tänkas väga upp för deltagarnas bristande spatiala förmåga (Höffler, 2010; Münzer 2013). Då den signifikanta korrelationen mellan deltagarnas spatiala förmåga och 3D instruktioner försvann när kontroll för kön gjordes utfördes ett oberoende t-test där män och kvinnor mättes för respektive betingelser. Tidigare forskning har diskuterat huruvida 3D animationer kompenserar för låg spatial förmåga eller stöttar personer med redan hög spatial förmåga (Huk 2006; Höffler 2010; Mayer & Sims, 1994; Münzer, 2013; Paas & Ayres, 2014; Paas et al., 2003; Paas et al., 2004). Resultatet i tabell 4 visar att det finns en skillnad mellan män och kvinnors tid i 3D instruktioner där män är signifikant snabbare att bygga efter 3D instruktioner än kvinnor. Detta i kombination med att män har en signifikant högre spatial förmåga än kvinnor går i linje med teorin om *ability-as-enhancer*. *Ability-as-enhancer* lyfter i sin tur att 3D instruktioner innebär en högre kognitiv belastning vilket hämmar dem med låg spatial förmåga då mer kognitiva resurser behöver läggas på instruktionen i sig (Huk, 2006; Mayer & Sims, 1994). Motsättningarna som uppstår mellan dessa teorier indikerar att det kan finnas en tredje variabel som inte är inberäknad i experimentet. Detta betyder att kön kanske endast förklarar en liten del av skillnaden i resultatet och att den spatiala förmågan förklarar en annan del. Man kan därför fråga sig om dessa variabler kommer till uttryck lika mycket i de olika instruktionerna eller om olika delar av spatial förmåga, till exempel strategier, spatial visulation eller objekts visuella utseende, bör undersökas för att se om dessa spelar in. Detta är något som denna studie endast kan spekulera kring och som framtida forskning därför bör undersöka.

Ett problem med studien kan vara att experimentet i sig var för enkelt, det vill säga nivån av LEGO-byggandet krävde inte tillräckligt med kognitiva resurser för att ge ett utslag (Paas et al., 2003). Därför krävs det framtida forskning där 2D instruktioner jämförs med 3D instruktioner vid mer komplexa uppgifter och där mer kognitiva resurser krävs för att kunna säkerställa eventuella fördelar med 3D instruktioner.

Eftersom könsskillnader inte var huvudfokus för undersökningen vidtogs inga åtgärder för att få en jämn könsfördelning av deltagare, varken i experimentgruppen eller i de fyra subgrupperna. Detta resulterade i att fördelningen av kön bland deltagarna bestod av 11 kvinnor och 21 män. Vid tolkning av studiens resultat behövs det därför hållas i åtanke att den skeva storleken på könsgrupperna kan ha bidragit till resultaten mellan män och kvinnor. Trots den ökade sensibiliteten i inomindividsdesignen är sannolikheten att hitta ett signifikant värde större hos gruppen män än kvinnor eftersom männen är betydligt fler i antal. Levene's test för lika varianser användes för att säkerställa den interna validiteten i experimentgruppen mellan män och kvinnor. Resultatet i tabell 4 visade ingen signifikant skillnad i variansen mellan grupperna vilket indikerar att undersökningen fortfarande har en giltig intern validitet, men resultatet går inte att generalisera för en större population än experimentgruppen. För extern validitet och möjlighet att generalisera resultaten på en större population bör framtida studier kontrollera för en jämn könsfördelning.

Tidigare forskning har visat att människor kan träna upp sin spatiala förmåga och att 3D animationer kan ha en betydande roll i detta (Passig & Eden, 2000; Toptas et al., 2012). En fundering till framtida studier är ifall en skillnad mellan instruktionerna hade hittats om deltagarna haft tidigare vana av 3D användning, då ett flertal av deltagarna kommenterade att de inte använt 3D instruktioner tidigare. En spekulation kan därför vara att deltagarnas ovana att använda 3D instruktioner innebär en tillfälligt högre kognitiv belastning när de ska lära sig hur 3D:n fungerar, vilket slår ut en eventuell vinst av 3D animationen. Därför hade det varit intressant att i framtiden undersöka konsekvenserna av 2D- kontra 3D användning för en längre tidsperiod för att se om det blir en skillnad på sikt.

Ytterligare en kommentar gällande 3D instruktionerna var att ett flertal av deltagarna inte upplevde att färgerna på iPaden och LEGO-bitarna stämde överens. Denna mismatchning mellan instruktionerna och LEGO-bitarna kan ha försvårat uppgiften och även krävt mer kognitiva resurser för att lösa problemet. Ännu en anledning till att prestationen inte förbättrades med 3D instruktionen kan ha berott på att animationen var för komplex jämfört med den i 2D, med fler detaljer som stälpt istället för hjälpt deltagarna (Ganier & Querrec, u.å). Detta vore i sådana fall i enlighet med Hegartys (2010) undersökning med deltagarna från US Navy och de detaljrika kartorna. I framtiden kan det därför vara av intresse att undersöka ifall prestationen förbättras om instruktionerna i 3D är simplare och inte lika verklighetstroga.

En kraftig övningseffekt kan ses i tabell 5 där deltagarna var signifikant snabbare med att bygga ihop den andra LEGO-modellen under experimentets gång. Då alla deltagare randomiserats in i fyra subgrupper drabbades samtliga LEGO-modeller och instruktioner lika mycket av övningseffekten. En eventuell förklaring till denna effekt kan vara att deltagarna först använder sig av strategier i form av mental rotation till första modellen och sedan utvecklar analytiska strategier för att lösa uppgiften (Hegarty, 2010; Schwartz & Black, 1996; Stieff, u.å). När deltagarna sedan byggde den andra modellen etablerar de dessa strategier direkt istället för att börja med mentala rotationer. Då uppgiften var densamma och modellerna snarlika krävdes inte några större omställningar för deltagaren utöver bytet av instruktion. Detta kan ha förstärkt övningseffekten och förklara tidsskillnaden då fler kognitiva resurser kunde frigöras till den andra modellen.

En brist i undersökningen kan vara att det spatiala testet låg i slutet av experimentet. Detta var ett aktivt val för att undvika att deltagarna blev påverkade av testet innan de byggde med LEGO-modellerna. En direkt konsekvens blev dock att deltagarna var trötta när det var dags att utföra det spatiala testet vilket kan ha påverkat deras koncentrationsförmåga och därmed resultatet. Testets utgångspunkt var att göra så många mentala rotationer som möjligt under 10 minuter. Det är inte osannolikt att deltagarna kanske hade hunnit utföra fler uppgifter om testet hade legat tidigare i experimentet. Huruvida detta har påverkat resultatet av undersökningen går dock endast att spekulera i och bör tas upp i framtida undersökningar. Den begränsade tiden för datainsamlingen gjorde att antalet deltagare blev limiterat vilket kan ha gjort att forskningshypotesen förkastats trots att det finns en effekt. Därför krävs det forskning med större urval för att med säkerhet kunna säga att det inte finns en skillnad mellan 2D- och 3D instruktioner.

Avslutningsvis har denna studie inte kunnat påvisa att 3D instruktioner förbättrar tiden för personer jämfört med användningen av 2D instruktioner. Däremot observerades en signifikant tidsskillnad vid användandet av 3D instruktioner mellan män och kvinnor, där männen byggde ihop LEGO-modellerna snabbare än kvinnorna. Resultatet i kombination med männens signifikant högre spatiala förmåga stöttar teorin om *ability-as-enhancer* med slutsatsen att högre spatial förmåga frigör mer kognitiva resurser som kan utnyttjas under byggandet (Paas & Ayres, 2014; Paas et al., 2003; Paas et al., 2004). Dock kan det finnas variabler som inte varit inräknade i studien som påverkat resultatet vilket grundar för att ytterligare forskning kring den spatiala förmågans roll vid 2D- och 3D instruktioner bör genomföras.

Referenser

- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2009). The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, 23(5), 638-663. doi:10.1002/acp.1473
- Campos, A. (2012). Measure of the ability to rotate mental images. *Psicothema*, 24(3), 431-434.
- Campos, A. (2014). Gender differences in imagery. *Personality And Individual Differences*, 59107-111. doi:10.1016/j.paid.2013.12.010
- Cohen, C. A., & Hegarty, M. (2007). Individual differences in use of external visualisations to perform an internal visualisation task. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 701-711.
- Ganier, F., & Querrec, R. (u.å). TIP-EXE: A software tool for studying the use and understanding of procedural documents. *Ieee Transactions On Professional Communication*, 55(2), 106-121.
- Hegarty, M. (1992). Mental animation: Inferring motion from static displays of mechanical systems. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory, And Cognition*, 18(5), 1084-1102. doi:10.1037/0278-7393.18.5.1084
- Hegarty, M. (2010). Components of spatial intelligence. *Psychology Of Learning & Motivation*, (52),265. doi:10.1016/S0079-7421(10)52007-3
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal Of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404. doi:10.1111/j.1365-2729.2006.00180.x
- Höffler, T. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualizations—a meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 22(3), 245-269. doi:10.1007/s10648-010-9126-7
- Keehner, M., Hegarty, M., Cohen, C., Khooshabeh, P., & Montello, D. R. (2008). Spatial reasoning with external visualizations: What matters is what you see, not whether you interact. *Cognitive Science*, 32(7), 1099-1132.
- Mayer, R., & Sims, V. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal Of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.
- Münzer, S. (2013). Facilitating recognition of spatial structures through animation and the role of mental rotation ability. *Learning And Individual Differences*, doi:10.1016/j.lindif.2014.12.007
- Paas, F., & Ayres, P. (2014). Cognitive load theory: A broader view on the role of memory in learning and education. *Educational Psychology Review*, 26(2), 191-195.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Pass, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 1-8. doi:10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0
- Passig, D., & Eden, S. (2000). Enhancing the induction skill of deaf and hard-of-hearing children with virtual reality technology. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education*, 5(3), 277-85.
- Schwartz, D., & Black, J. (1996). Shuttling between depictive models and abstract rules: Induction and fallback. *Cognitive Science*, 20(4), 457-497. doi:10.1016/S0364-0213(99)80012-3

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, (3972), 701.

Stieff, M. (u.å.). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning And Instruction*, 17(2), 219-234.

Toptas, V., Celik, S., & Karaca, E. T. (2012). Improving 8th grades spatial thinking abilities through a 3D modeling program. *Turkish Online Journal Of Educational Technology*, 11(2), 128-134.

Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual And Motor Skills*, 47(2), 599-604.
doi:10.2466/pms.1978.47.2.599

Bilaga

Bilaga 1

Du ska få börja med att svara på några frågor om din bakgrund. Vid alternativfrågor, vänligen ringa in ditt svar. Du kan närsomhelst avbryta testet utan att ange skäl.

Kön Kvinna Man

Ålder _____

Vilken är din högst uppnådda/pågående nivå av utbildning?

Grundskola

Gymnasiet

Högskola/Universitet

Inriktning på din utbildning? _____

Är du för nuvarande student vid högskola/universitet?

Ja

Nej

Hur många högskolepoäng (hp) har du läst?

0hp

1-30hp

31- 60hp

61-90hp

91-120hp

121-150hp

151-180hp

+180hp

Arbetar du?

Ja

Nej

Om ja, vilket yrke? _____

Är du höger eller vänsterhänt?

Höger

Vänster

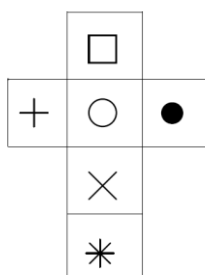
Ambidextriös

Instruktionsblad. Läs noggrant igenom hela instruktionsbladet innan du börjar.

Detta test som du ska få göra innehåller en tryckt modell av en ovikt kub. Det första steget i testet är att mentalt bygga ihop kuben, det vill säga montera ihop kuben i ditt huvud på ett sådant sätt att den är identiskt med kuben som visas till vänster om varje fråga.

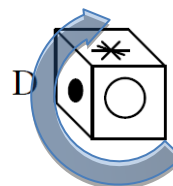
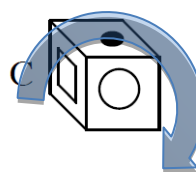
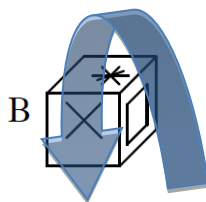
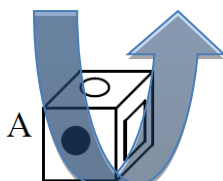
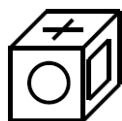
Andra steget involverar att rotera kuben mentalt i ditt huvud tills du får fram det korrekta svaret för varje fråga. Varje fråga har fyra svarsalternativ: två är korrekta och två är fel.

Ovikt kub med motsvarande sidor:



Exempelfråga: Vilka av kuberna nedan (A, B, C, D) kan du uppnå genom att rotera den vänstra kuben? Du svarar genom att ringa in de korrekta kuberna.

Vänster



Så här gör du: De första två alternativen (A och B) får du genom att rotera kuben bakifrån och fram samt framifrån och bak. De återstående alternativen (C och D) får du genom att rulla kuben från vänster till höger samt höger till vänster. Observera att under rullningen (C och D) är symbolen du har fram mot dig konstant fram under hela rotationen.

Ingen kub uppvisar båda rotationerna samtidigt d.v.s. bakifrån till fram och vänster till höger.

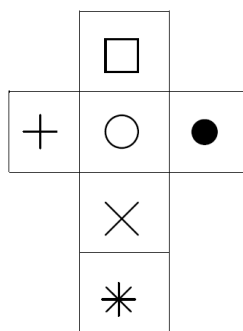
I detta exempel är de korrekta alternativen bokstäverna A och C. Du markerar detta genom att ringa in kuberna A och C. Varje fråga har fyra svarsalternativ: två är rätt och två är fel. Din totala poäng räknas ihop genom att addera dina korrekta svar och dra ifrån dina inkorrekta svar. Därför ska du inte markera ett alternativ om du inte är någorlunda säker på att det är korrekt.

Detta har varit ett övningsstest, du är nu redo att börja det verkliga testet. Vänd inte på pappret förrän du har blivit instruerad att vända blad. Du har 10 minuter på dig att svara på alla frågor på testet.

Om du är osäker på en fråga, lämna den och gå vidare till nästa fråga. När du har svarat på frågorna, gå tillbaka och försök svara på de frågor du fann svåra.

Observera: Alla frågor avser samma ovikta kub.

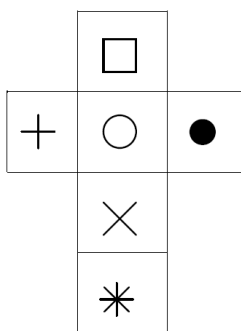
Vänd inte på pappret förrän du har blivit instruerad att vända blad!



Fråga: Vilka av kuberna nedan (A, B, C, D) kan du uppnå genom att rotera den vänstra kuben? Ringa in ditt svar.

1		A	B	C	D
2		A	B	C	D
3		A	B	C	D
4		A	B	C	D
5		A	B	C	D
6		A	B	C	D
7		A	B	C	D
8		A	B	C	D
9		A	B	C	D
10		A	B	C	D
11		A	B	C	D

Gå till nästa sida



Fråga: Vilka av kuberna nedan (A, B, C, D) kan du uppnå genom att rotera den vänstra kuben? Ringa in ditt svar

12		A		B		C		D	
13		A		B		C		D	
14		A		B		C		D	
15		A		B		C		D	
16		A		B		C		D	
17		A		B		C		D	
18		A		B		C		D	
19		A		B		C		D	
20		A		B		C		D	
21		A		B		C		D	
22		A		B		C		D	
23		A		B		C		D	

Färdig!

Har du tid kvar, gå tillbaka och avsluta frågorna du fann svåra.