



**LUNDS**  
UNIVERSITET

INSTITUTIONEN FÖR PSYKOLOGI

**Pupillstorlekens förändring vid hanterandet av  
minnesinterferens som leder till Retrieval Induced  
Forgetting**

**Louise Bohlin & Frida Tarras-Wahlberg**

Kandidatuppsats HT 2017

Handledare: Roger Johansson

Examinator: Per Davidson

## Sammanfattning

I denna studie undersöktes fenomenet Retrieval Induced Forgetting (RIF) (Anderson, Bjork & Bjork, 1994) och dess relation till TEPR (task evoked pupillary responses) (Beatty, 1982). Tidigare studier har konstaterat ett samband mellan ökad pupillstorlek och kognitiv belastning såsom minnesinkodning och framplockning (Beatty & Kahneman, 1966). RIF innebär att hågkomsten av viss information gör det svårare att minnas relaterad information. RIF kan ses vid försök att återkalla något av flera minnen med samma framplockningsledtråd. Effekten uppstår som ett resultat av att man måste hantera interferens från konkurrerande minnen vid framplockning av önskade minnen. RIF testas med ett minnesexperiment i tre delar; inkodning, generering och minnestest. Enligt den inhibitoriska förklaringsmodellen för RIF (Anderson, 2003) måste konkurrerande minnen inhiberas för att underlätta hågkomsten av önskade minnen, och eftersom inhibering kräver kognitiva resurser förväntas processen leda till en ökad pupillstorlek. I denna studie mättes gymnasieelevers pupillstorlek med en eyetracker under genomförandet av ett minnesexperiment.

Associationsstyrkan mellan orden justerades genom varierande ordfrekvens i betingelserna High- och Low-competition condition (HCC och LCC). Resultatet visade en signifikant RIF-effekt i båda betingelserna och en signifikant ökning av pupillstorleken i HCC jämfört med LCC. Inget signifikant samband mellan pupillens ökning i genereringsfasen och prestationen på minnestestet kunde konstateras.

*Nyckelord:* Retrieval Induced Forgetting, Inhibitory-control account, Task evoked pupillary responses, Competitive retrieval.

## **Abstract**

The present study investigated the retrieval induced forgetting phenomenon (RIF) (Anderson, Bjork & Bjork, 1994) and the relation to task evoked pupillary responses (TEPR) (Beatty, 1982). Previous studies suggests that the pupil diameter increases as a result of cognitive demands such as memory retrieval (Kahneman & Beatty, 1966). RIF is forgetting caused by managing of interference from competing memories when attempting to retrieve one of several memories that share a common retrieval cue. This phenomenon is tested using the RIF-paradigm in which participants complete a memory task including three parts; memory encoding, generating and a memory test. The effect of RIF results in a decreased memory for competing words in the memory test. According to the Inhibitory-control account (Anderson, 2003) the competing memory is inhibited to promote recall of the target memory. Since this inhibitory mechanism requires cognitive demands, this should result in an enlarged pupil diameter. The pupil diameter was collected using an eyetracker, and the results indicated a significant RIF-effect in both conditions and a significantly more increased pupil diameter in HCC compared to LCC. No significant association between an increased pupil-size in generate and decreased performance in the memory test was confirmed.

*Keywords:* Retrieval Induced Forgetting, Inhibitory-control account, Task evoked pupillary responses, Competitive retrieval.

## Innehåll

Introduktion.....	4
Inledning.....	4
Minnet .....	5
Pupillstorlek .....	9
Syfte och frågeställningar.....	11
Metod .....	12
Deltagare .....	12
Material .....	12
Design.....	13
Procedur .....	14
Databearbetning och dataanalys.....	15
Etiska överväganden .....	16
Resultat .....	17
Retrieval Induced Forgetting.....	17
Pupillstorlek i ordgenereringsfasen .....	18
Pupill och Retrieval Induced Forgetting .....	21
Diskussion.....	22
Referenser .....	26
Appendix.....	29

## Introduktion

### Inledning

Teorierna om varför vi glömmet är många, men fortfarande är det svårt att sätta fingret på den exakta orsaken till glömskan. Tidigare minnesforskning visar att inläring av nytt material kan leda till glömska för material man lärt sig tidigare (Anderson, 2003). Fenomenet att framplockning (retrieval) av vissa minnen kan orsaka glömska för tidigare minnen av samma typ beskrivs av Anderson et al., (1994) som Retrieval Induced Forgetting (RIF). I nuläget råder det delade meningar om den underliggande orsaken till RIF. En teori är den så kallade inhibitoriska förklaringsmodellen (Inhibitory-control account). Enligt denna förklaringsmodell är RIF resultatet av att vissa minnen inhiberas vid framplockning av andra minnen av samma typ. Eftersom konkurrerande minnen trycks undan underlättas processen att plocka fram önskade minnen (Anderson 2003). Associative-blocking account är en annan förklaringsmodell för RIF. Enligt denna modell finns inte någon inhiberingsmekanism, utan glömskan antas här bero på en ökad tillgång till ett av flera associerade minnen. Den ökade tillgången är ett resultat av att man tränar på framplockning (retrieval) av ett av dessa minnen, vilket sedan leder till att relaterade minnen blockeras. Enligt denna teori är det alltså framplockningen av ett specifikt minne som är den aktiva mekanismen, och blockeringen av relaterade minnen betraktas som en sidoeffekt. I den inhibitoriska förklaringsmodellen antas den aktiva mekanismen istället vara inhibering av konkurrerande ord (Hellerstedt, 2015). I denna studie utgår vi från den inhibitoriska förklaringsmodellen.

Minnesframplockning och ordgenerering är mentalt krävande processer, och vid tidigare forskning har man konstaterat en koppling mellan en ökad pupillstorlek och mental ansträngning (Beatty & Kahneman, 1966). Eftersom pupilldiametern ökar vid mental belastning bör den kunna användas som ett mått på den kognitiva ansträngning som krävs för inhibering av konkurrerande minnen. Ingen har tidigare undersökt detta och om resultatet indikerar en ökad pupillstorlek vid hantering av konkurrerande minnen skulle detta ge stöd åt den inhibitoriska förklaringsmodellen för RIF. En sådan effekt skulle dessutom vara svår att förklara med den alternativa förklaringsmodellen Associative-blocking account.

## **Minnet**

Minnet delas vanligen in i olika delar baserat på funktion och lagringskapacitet och typ av information. Denna studie syftar till att undersöka den del av minnet som kallas semantiska långtidsminnet. Långtidsminnet betraktas som obegränsat, och att de minnen som finns här är lagrade för all framtid, det är endast tillgängligheten till dessa minnen som kan förändras (Goldstein, 2014).

Långtidsminnet delas vanligen in i de två kategorierna deklarativt minne, och icke-deklarativt minne (Squire, 1992). Det icke-deklarativa minnet benämns ofta som procedurminne (Kolb & Wishaw, 2013). Schacter, (1987) delade in långtidsminnet i implicit och explicit, vilket stämmer bra överens med ovannämnda kategorier och syftar således till att beskriva samma minnessystem. Det deklarativa eller explicita minnet är den del av långtidsminnet som hanterar lagring av semantiska och episodiska minnen (Goldstein, 2014). I detta minnessystem lagras fakta som är medveten och kan återges verbalt, såsom namn på städer och minnet för särskilda omständigheter, händelser och koncept. Procedurminnet eller det implicita minnet refererar till omedvetna kunskaper, såsom kroppsliga förmågor och betingade responser. Denna typ av minne kan således inte återkallas på samma sätt som det deklarativa minnet (Kolb & Wishaw, 2013). I denna studie studeras det semantiska minnet.

Interferensteorin är en teori om varför glömska uppstår. Enligt denna teori påverkas minnet av interferens från relaterade minnen (Anderson & Neely, 1996). Minnesinterferens kan indelas i två kategorier; retroaktiv och proaktiv interferens. Retroaktiv interferens uppstår när minnet för ny information gör det svårare att minnas tidigare inkodat material av samma typ. Ett exempel är en sekvens som innebär att först försöka minnas äpple ur kategorin frukt, och kort därefter försöka minnas banan som tillhör samma kategori. Om retroaktiv interferens föreligger är det svårare att minnas äpple på grund av det senare inkodade minnet för banan. Den retroaktiva interferensen påverkas därför av att de båda frukterna delar samma retrieval cue (framplockningsledtråd). Med retrieval cue menas ett specifikt stimuli eller ord som är förknippat med ordet som ska minnas, och som därför fungerar som ett stöd för minnet, i detta fall kategorin frukt.

I interferensteorin talar man även om begreppen blockering och competitive retrieval (Anderson & Neely, 1996). Med competitive retrieval menas att minnen med en gemensam retrieval cue konkurrerar om framplockning. Denna konkurrens om framplockning brukar benämnas som competitive retrieval (McGeoch, 1932). En annan glömsketeori är inhiberingsteorin (inhibition theory). Interferensteorin och Inhiberingsteorin utgår båda från att glömska orsakas av konkurrens mellan minnen som är förknippade med varandra.

Skillnaden är att man enligt inhiberingsteorin hävdar att glömskan är ett resultat av en aktiv undantryckande process (Anderson, 2003).

Fenomenet Retrieval Induced forgetting (RIF) innebär att försöket att plocka fram ett specifikt minne leder till glömska för andra minnen av samma karaktär. Effekten är således som starkast när de minnen som har en gemensam retrieval cue, och som därför tävlar om återkallning är starkt förknippade med varandra (Murayama, Buchli, Miyatsu & Storm, 2014). För att undersöka RIF och söka förståelse för varför vissa minnen är svåra att återkalla har det så kallade Retrieval Practice paradigmet konstruerats. RIF undersöks här genom ett experiment bestående av tre delar. Den inledande fasen är den så kallade instuderingsfasen, därefter följer en övningsfas för återkallning av ord (retrieval-practice fase). Den sista delen av experimentet är själva testfasen. I experimentets första del är försökspersonens uppgift att studera och försöka minnas ett antal ordpar bestående av totalt åtta kategorier, med sex ord tillhörande dessa kategorier. Ett sådant ordpar är exempelvis Frukt - Äpple, eller Klädesplagg - Linne. Eftersom det finns flera ord som hör till samma kategori konkurrerar dessa ord om att återkallas vid testfasen i sista delen av experimentet. I direkt anslutning till första fasen ska försökspersonen träna på hälften av ordparen i inkodningsfasen. Detta sker genom att presentera kategorin tillsammans med ordstammen av det sökta ordet, exempelvis Frukt - Ä\_\_\_. Samtliga exemplar presenteras flera gånger. Efter 20 minuters träning inleds sista fasen av experimentet - testfasen. Deltagarens uppgift blir då att med hjälp av respektive kategori försöka återge det tillhörande orden som presenterats under de tidigare delarna av experimentet (Anderson, Bjork & Bjork, 1994). Eftersom försökspersonen endast tränar på hälften av orden från inkodningsfasen förväntas glömskan vara större för de ord som inte ingick i träningsfasen i relation till andra ord från samma kategori. Denna glömska antas också vara större än den för ord från kategorier man inte tränat på över huvud taget. Om så är fallet har RIF haft effekt. Orden från kategorier som inte ingår i träningsfasen fungerar som baseline (Murayama, Buchli, Miyatsu & Storm, 2014). Anledningen till att man har baseline-ord är för att kontrollera att effekten beror på glömskan och inte den ökade tillgängligheten av de ord man tränat på.

Hur RIF egentligen fungerar råder det delade meningar om. Förklaringsmodeller gällande den underliggande mekanismen till RIF är flera, och bland dessa finns Inhibition-Based account, Associative-blocking account och Context based account (Murayama et al., 2014). En förklaring till RIF den kontextuella förklaringsmodellen (Context-based account) (Jonker, Seli & MacLeod, 2013). Teorin formulerades med bakgrund av tidigare forskning som konstaterat att förmågan att minnas kan gynnas av kontextuella förhållanden, såsom

exempelvis den omgivande miljön (Smith, 1979), och bakgrundsfärger (Dulsky, 1935). Jonker et al, (2013) testade denna teori genom en alternativ version av RIF-paradigmet. För att RIF ska infinna sig måste det ske en kontextuell förändring mellan inkodning och träningsfasen i RIF-paradigmet, och förändrade kontexten måste även vara en del av det slutgiltiga minnestestet.

Ytterligare en förklaringsmodell för RIF är Associative blocking account. Denna förklaringsmodell bygger på interferensteorin, och till skillnad från en inhiberande process anser man att glömska uppstår som ett resultat av en stärkt koppling mellan framplöckningsledtråden och det ena minnet. I RIF-paradigmet skulle det innebära att man tränar på ett ordpar, exempelvis Frukt - äpple, men inte Frukt - banan. Resultatet blir en stärkt koppling mellan Frukt - äpple, vilket leder till högre glömska för frukt -banan (Hellerstedt, 2015).

Anderson (2003) utgår från inhiberingsteorin (inhibition theory) och förklarar att glömskan beror på en inhiberande process (Inhibition-based account). Detta perspektiv utgår från människans naturliga benägenhet att agera intuitivt. Eftersom en intuitiv reaktion inte alltid är lämplig med hänsyn till kontextuella förhållanden måste denna respons hämmas och ersättas med en annan. Samma princip gäller angående hur vi kontrollerar minnet - för att plocka fram önskat minne måste konkurrerande minnen tryckas undan. Enligt den inhibitoriska förklaringsmodellen har RIF endast effekt vid försöket att återge de ord som konkurrerar med andra relaterade ord. Detta antagande benämns vanligen Competition dependence assumption (Anderson, 2003).

Flera studier stödjer teorin om att associerade ord tävlar med varandra om framplöckning, vilket leder till glömska för konkurrerande ord. Däribland en studie av Bäuml (1998). I studien ingick ord vars frekvens hade bestämts som antingen, låg -normal eller högfrekventa. Listorna som ingick i experimentet bestod av antingen lågfrekventa och normalfrekventa ord, eller högfrekventa och normalfrekventa ord. Experimentet innebar kortfattat att försökspersonerna skulle återge antingen hög-eller lågfrekventa ord från särskilda kategorier, för att sedan även återge normalfrekventa ord från samma kategori. Bäuml (1998) kunde genom studien konstatera att försökspersonerna var mer benägna att glömma högfrekventa ord. Anledningen antogs vara att konkurrensen var större mellan normalfrekventa och högfrekventa ord, vilket innebar att de högfrekventa orden inhiberades. Det finns dock även studier där konkurrens mellan ord inte haft någon betydande effekt på resultatet. (Jonker & MacLeod, 2012) fann att en effekt av RIF som var närvarande utan att experimenten innebar någon tävlan mellan målord och konkurrerande ord, vilket utgör kritik



mot både den inhibitoriska förklaringsmodellen och antagandet om att konkurrens mellan ord leder till RIF.

En modifiering av det klassiska experimentet för att undersöka RIF är det så kallade Extralist-paradigmet, vilket innebär att deltagarna genererar egna ord istället för att träna på utvalda ord från inkodningsfasen (Murayama et al., 2014). Experimentet består då av två olika betingelser; High-competition condition (HCC) och Low-competition condition (LCC). I experimentets testfas refererar high och low till om de ord försökspersonerna ska minnas är hög- eller lågfrekventa. Detta innebär att deltagarna i LCC genererar högfrekventa ord och testas på lågfrekventa ord, medan de i HCC genererar lågfrekventa ord och testas på högfrekventa ord. Huruvida ett ord är hög- eller lågfrekvent bestäms av hur vanligt förekommande orden är i vardagslivet. Om ett ord är högfrekvent antas det vara lättare att minnas än ord som är lågfrekventa. Utifrån den inhiberande förklaringsmodellen skulle RIF i denna typ av studie vara närvarande i ordgenereringsfasen. Detta eftersom deltagarna här måste trycka undan minnet för orden i första fasen för att möjliggöra genererandet av andra ord i fas två. Anledningen till att ersätta träningsfasen med en genereringsfas är att man då kan utesluta möjligheterna att försökspersonen minns de ord denne tränat på bättre, och de ord som denne inte tränat på sämre. När dessa möjligheter kan uteslutas innebär det att alla effekter drivs av glömska, och alltså inte ökad tillgång till de ord man tränat på. Vid generering av ord hämtas information från långtidsminnet, men denna information är inte kopplad till en särskild inkodningsepisod. Denna version av RIF-paradigmet har bland annat använts av Johansson & Hellerstedt (2014). De undersökte RIF med utgångspunkt i den inhibitoriska förklaringsmodellen. För denna studie användes Event related potentials (ERP) för att undersöka hjärnaktiviteten medan försökspersoner genomförde en competitive retrieval-uppgift. Vid studien använde man sig av en version av RIF-paradigmet bestående av tre delar; memorering av kategori + ord, generering av egna ord associerade till kategorierna i första fasen, och slutligen ett minnestest för orden i första fasen. För experimentet använde man sig av betingelserna - High-competition condition och Low-competition condition . Resultatet av ERP-mätningarna visade att konkurrerande minnen, det vill säga minnen som är starkt förknippade med varandra, återaktiverades när försökspersonerna fick se den gemensamma framplockningsledtråden. Man kunde även konstatera att försökspersonerna var mer benägna att glömma konkurrerande ord med stark koppling till de ord som skulle minnas. Sammantaget gav studien stöd åt inhiberingsteorin för RIF, eftersom konkurrerande ord måste inhiberas vid framplockningen för att underlätta hågkomsten av de ord som ska minnas. Johanssons & Hellerstedts (2014) studie fungerar som utgångspunkt för denna undersökning,

eftersom vi även här undersöker effekten av RIF under betingelserna High -och Low competition condition med utgångspunkt i antagandet att det är inhibering av konkurrerande ord som leder till glömska.

### **Pupillstorlek**

Ett alternativ till att använda sig av hjärnabildningsmetoder såsom fMRI (functional magnetic resonance imaging) och ERP (event related potential) vid minnesforskning är pupillstorlek (Goldinger & Papesh 2012). Sedan många år tillbaka är det känt att en ökning av pupillstorleken reflekterar kognitiv belastning; en vetenskap som ligger till grund för en rad studier inom områden som språkbearbetning, minne och perception (Goldinger & Papesh 2012). Pupilldiametern har bland annat använts som ett mått på skillnader i mental ansträngning hos olika individer vid utförandet av kognitivt krävande uppgifter, samt inom individskillnader relaterade till uppgifternas svårighetsgrad. När pupillstorleken används för att mäta graden av mental belastning förkortas den vanligtvis som TEPR (task-evoked pupillary responses) (Beatty 1982). En av de tidigaste studierna av pupillstorlek genomfördes av Hess och Polt (1960). De undersökte pupillstorleken när försökspersoner studerade uppseendeväckande och emotionellt laddade bilder. Genom studien fann de att pupillerna utvidgades i samband med att försökspersoner betraktade bilderna. I en annan studie av Hess och Polt (1964) undersökte man pupillstorlekens relation till de kognitiva processer involverade i enklare matematisk problemlösning. Genom studien kunde man konstatera att en ökning av pupillstorleken reflekterar mental aktivitet, samt att ökningen påverkas av den aktuella uppgiftens svårighetsgrad. Detta innebar i experimentet att den maximala pupillutvidgningen var större vid svårare multiplikationsuppgifter. I en annan studie som inkluderade mentalt krävande uppgifter fann man att pupillens diameter ökade under utförandet av uppgiften, för att sedan återgå till normal storlek i direkt anknytning till att det aktuella problem löstes (Bradshaw 1968, refererad i Beatty, 1982). Liknande resultat fann Beatty och Kahneman (1966), då de undersökte både korttidsminnet, långtidsminnets relation till pupillstorlek genom att låta försökspersoner memorera telefonnummer. Uppgiften innebar att försökspersonerna skulle försöka minnas telefonnummer och sedan återge dessa verbalt. Genom experimentet kunde de konstatera att pupillstorleken ökar vid inkodningen av information, för att sedan återgå till normal storlek i takt med att försökspersonen rapporterade siffrorna. Ett antal år senare kunde man även se ett samband mellan individuella skillnader i kognitiva förmågor och pupillstorlek. I en studie av Beatty (1982) noterades att pupillerna hos vuxna försökspersoner med hög intelligens hade lägre peak amplitude, det vill

säga maximal pupillutvidgning, jämfört med försökspersoner med lägre intelligens, vilket tyder på att de mer intelligenta personerna inte behövde anstränga sig lika mycket som de mindre intelligenta. Resultatet av studien stödjer således teorin om att individuella skillnader i kognitiva förmågor påverkar pupillens utvidgning vid mentalt krävande uppgifter.

Sedan begynnelsen av pupillstudier har TEPR studerats i en rad studier i syfte att förstå hjärnans kognitiva förmågor. Vad gäller minne används pupillstorlek för att studera de processer som ligger till grund för inkodning och framplockning av minnen (retrieval). I en studie av Laeng, Ørbo, Holmlund & Miozzo (2010) undersökte man relationen mellan pupilldiamtern och utförandet av ett så kallad Stroop-test. Vid studien fann man en signifikant ökning av pupillstorleken när deltagarna utförde Stroop-testet. Eftersom Stroop-testet kräver kognitiva resurser drog man även här slutsatsen att pupillstorleken ökade på grund av den mentala ansträngningen. Under tvåtusentalet har man konstaterat att pupillens storlek regleras av Locus coeruleus-noradrenalinsystemet (LC-NE) i hjärnan. Detta system har en betydande roll för reglering av uppmärksamhet och fysiologisk arousal (Eckstein, Guerra-Carrillo, Miller Singley, & Bunge, 2016). Mätning av TEPR sker med hjälp av en eye-tracker, en metod som precis som fMRI och ERP används för att undersöka hjärnaktivitet som ligger till grund för olika typer av kognitiva processer såsom minnesinkodning och framplockning. Eftersom pupillens storlek förändras beroende på ljusnivå och försökspersonens stressnivå (Eckstein et al., 2016), men även vid kognitiva processer såsom komplex tankeverksamhet och språkbearbetning (Beatty, 1982), är det viktigt att kontrollera för dessa faktorer vid experimentsituationen. Bristande kontroll av alla tänkbara påverkande faktorer kan leda till missvisande resultat. Eftersom pupillstorleken varierar naturligt mellan olika individer är det av största vikt att justera dessa inomindividsskillnader så att alla mätningar utgår från samma punkt (baseline) (Aron & Aron, 2014). Genom denna justering säkerställer man att all förändring i pupillstorlek beror på den kognitiva krävande uppgiften och inget annat. Till skillnad från metoder som fMRI och ERP är eye-trackern portabel, vilket gör datainsamling mer flexibel (Eckstein et al., 2016).

Pupilldiametern i relation till minne undersökts i en rad studier, men ingen tidigare forskning finns ännu publicerad där man undersökt RIF i relation till pupillstorlek. I likhet med Hellerstedt och Johanssons (2014) studie används ett experiment bestående av en inkodningsfas, en genereringsfas och ett minnestest med de olika betingelserna HCC och LCC. I denna studie vill undersöka effekten på pupillstorleken under dessa två betingelser.

Med bakgrund av tidigare pupillstudier bör pupillstorleken öka mer i betingelsen HCC jämfört med LCC. Denna hypotes grundar sig i antagandet att det krävs mer kognitiva

resurser för att generera lågfrekventa ord, eftersom man enligt den inhibitoriska förklaringsmodellen (Anderson, 2003) måste inhibera konkurrerande högfrekventa ord. Om dessa ord dessutom är starkt förknippade med målordet bör de vara svårare att trycka undan. Detta borde i sin tur innebära att en stark ökning av pupillstorleken leder till en sämre prestation i minnestestet i förhållande till en svagare, eftersom försökspersonen då ansträngt sig för att trycka undan de konkurrerande orden.

### **Syfte och frågeställningar**

I studiens intresse ligger att besvara frågor gällande om RIF har haft effekt under de båda betingelserna HCC och LCC. Vi vill också undersöka om det föreligger en signifikant skillnad mellan pupillstorleken i dessa betingelser, och om det i sådana fall finns ett samband mellan försökspersonernas pupillförändring i genereringsfasen och prestation i genereringsfasen och i minnestestet. Vi är intresserade av att se om det finns inomindividsskillnader samt mellanindividsskillnader som bekräftar dessa samband. De konkreta frågor vi ställer oss är följande:

- Är det lättare att generera högfrekventa ord än lågfrekventa ord?
- Har Retrieval Induced Forgetting haft en signifikant effekt i betingelserna High- och Low-competition condition?
- Är prestationen sämre i minnestestet i High-competition condition jämfört med Low-competition condition?
- Är pupillstorleken större i genereringsfasen för High-competition condition jämfört med i Low-competition condition?
- Ökar pupillstorleken mer när försökspersonerna genererar korrekta ord jämfört med när de genererar inkorrekta?
- Leder en större ökning av pupillstorleken i genereringsfasen till sämre prestation i minnestestet jämfört med en mindre ökning?

## Metod

### Deltagare

I studien deltog inledningsvis 35 gymnasieelever (17 kvinnor och 18 män) tillhörande Naturvetenskapliga programmet, Samhällsvetenskapliga programmet samt Ekonomiprogrammet på Hässleholms Tekniska Skola. Försökspersonerna var mellan 16 och 18 år ( $M = 17.74$ ,  $SD = 0.62$ ) och talade flytande svenska. Samtliga hade normal eller korrigerad till normal syn, med undantag från en deltagare som sade sig ha Nystagmus, vilket gör det svårt att fokusera på en punkt under längre tid utan att få dubbelseende. Sammantaget slutförde alla förutom en deltagare experimentet, då denne tvingades avbryta försöket efter det inledande blocket. Experimentet betraktas således som bortfall. Antalet deltagare som slutförde experimentet och som räknades med i resultatet var i slutskedet 34 stycken. Innan studien genomfördes informerades samtliga deltagare om studiens innehåll, tidsåtgång och huvudsakliga syfte, samt att deltagandet var frivilligt med möjlighet att avbryta sitt deltagande när som helst. Efter experimenttillfället bjöds deltagarna på fika.

För studien användes ett så kallat bekvämlighetsurval. Urvalet ansågs lämpligt med hänsyn till den begränsade tidsramen för uppsatsarbetet. Vidare kunde datainsamlingen genomföras relativt tidseffektivt då en av författarna till denna uppsats arbetar på ovan nämnd skola, där ett stort intresse för deltagande i studien noterats. Urvalsgruppen ansågs även intressant då tidigare forskning av denna karaktär saknas inom detta åldersspann. Studien bedömdes därför kunna jämföras med tidigare forskning samt kunna tillföra information om huruvida en variation mellan olika åldrar föreligger gällande graden av minnesinterferens samt förändring av pupillstorlek.

### Material

Till experimentet hämtades 16 semantiska kategorier med 12 exemplar i varje kategori från Hellerstedt et al. (2012) Swedish category norms (se Appendix A). I Hellerstedt et al. (2012) bestämdes varje ordexemplars associationsstyrka till respektive kategori och utifrån resultatet klassades orden som typiska (hög taxonomisk frekvens) och atypiska (låg taxonomisk frekvens). Utifrån de valda kategorierna konstruerades ordlistor med ordpar, som bestod av en kategori och ett tillhörande exemplar klassificerat som högfrekvent respektive lågfrekvent. Ordlistorna konstruerades utifrån Extralist-paradigmet (Murayama et al., 2014) så att de kategorier som parades ihop med ett högfrekvent ord i instuderingsfasen, återkom

tillsammans med ett lågfrekvent ord i genereringsfasen och tvärtom. Stimulilistorna bestod således av kategori/ordpar där hälften motsvarades av High-competition condition (HCC) och hälften av Low-competition condition (LCC).

Till varje försöksdeltagare skapades unika randomiserade ordlistor med totalt 144 ordpar, varav 96 förekom i instuderingsfasen för att sedan återkomma i minnestestet. Resterande 48 användes i genereringsfasen. Materialet motbalanserades bland deltagarna så att varje kategori förekom lika många gånger i varje betingelse för varje deltagare. Ordparen presenterades i svart Arial-font (42 punkter) på en grå bakgrund (RGB: 125, 125, 125) med hjälp av PsychoPy (Peirce, 2007) på en 22-tums datorskärm med en upplösning på 1680 × 1050 pixlar. Pupilldata spelades in med hjälp av en eye-tracker (SensoMotoric Instruments, SMI RED) och mjukvaran iView X 2.7 under både genereringsfasen och minnestestet. Då frågeställningarna i den här uppsatsen har sitt fokus på vad som händer med pupillen under genereringsfasen användes endast inspelad data från denna fas. Eye-tracking-kameran var monterad under datorskärmen på ett avstånd på ca 70 cm från deltagaren och samlade in pupilldata med en frekvens på 250 Hz. Kalibrering och validering av ögondata genomfördes innan varje deltagare påbörjade experimentet och upprepades tills valideringen inte avvek med ett fel som var större än 1.0 visuella grader.

## **Design**

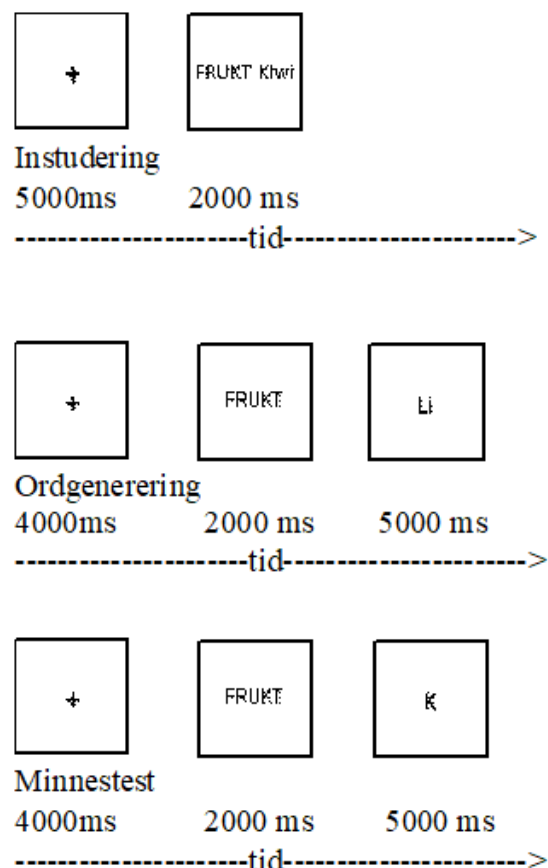
Experimentet bestod av två block innehållande de tre faserna: instudering, ordgenerering och minnestest. I instuderingsfasen presenteras ordpar för deltagaren, vars uppgift är att memorera dessa ordpar. Under nästa fas, ordgenereringsfasen, återkommer hälften av kategorierna från instuderingsfasen och nya ord till varje presenterad kategori ska genereras med hjälp av att ordets första två eller tre bokstäver ges som ledtråd. Sista fasen består av ett minnestest då försöksdeltagarens uppgift är att minnas ordparen från instuderingsfasen. När kategorierna från instuderingsfasen presenteras tillkännages nu endast första bokstaven till varje ord som ledtråd. När försöket upprepas i nästa block studeras andra kategori/ord-par

Experimentet är konstruerat utifrån Extralist-paradigmet (Murayama et al., 2014) istället för det klassiska RIF-paradigmet (Anderson et al., 1994). Anledningen till att använda sig av en ordgenereringsfas istället för en så kallad retrieval practice-fas är huvudsakligen för att kunna skilja på effekterna av att minnas de ord man tränat på bättre och de ord man inte tränat på sämre. Eftersom man inte tränar på några ord som sedan ska plockas fram drivs alla effekter av glömska, och således inte av ökad tillgång till något av orden.

Under ordgenereringsfasen manipuleras orden utifrån taxonomisk frekvens för att skapa de två olika betingelserna High-competition condition (HCC) och Low-competition condition (LCC), som beskrivits ovan. Orden tjänar därför som oberoende variabler och manipulation av dessa syftar till att påverka den beroende variabeln - prestationen i det slutliga minnestestet. Genom att endast använda hälften av kategorierna i ordgenereringsfasen skapas en baseline för HCC och en för LCC, vilket gör det möjligt att jämföra resultatet mellan de två olika betingelserna i minnestestet. Om prestationen på minnestestet är högre för baseline-kategorierna än för de kategorier som återkommit i ordgenereringsfasen finns en RIF-effekt. Utan en sådan baseline kan en uppmätt RIF-effekt istället bero på en ökad tillgänglighet av det som upprepats snarare än på glömska för det som inte återkommit i genereringsfasen. Då mer kognitiv ansträngning krävs för att hantera interferensen som uppstår när deltagaren ska trycka undan hörfrekventa ord förväntas RIF-effekten vara större vid HCC. Att pupillstorleken ökar mer i genereringsfasen under denna betingelse än vid LCC är ytterligare en huvudprediktion i studien.

## Procedur

Studien utfördes i två olika grupprum på Hässleholms tekniska skola. I de båda rummen fanns mörkläggningsgardiner för att undvika störande ljus. Information om försöksdeltagarnas ålder och kön samlades in vid försökets början och kalibrering av mätutrustning för pupilldata gjordes. Därefter presenterades en skriftlig instruktion av experimentets olika faser. I det första blocket var deltagarnas uppgift att memorera 48 ordpar. Först visades ett fixeringskryss i 5 sekunder i mitten av datorskärmen, varpå ett ordpar presenterades i 2 sekunder. Detta upprepades för totalt åtta olika kategorier med 6 ord i varje kategori. I experimentets nästa fas återkom 4 kategorier från föregående fas och deltagaren



Figur 1. Schematisk bild över experimentets tre faser.

instruerades nu att muntligt generera nya ord utifrån de två första bokstäverna i det sökta ordet, till varje given kategori. Innan varje kategori blev synlig på skärmen visades fixeringskrysset i 4 sekunder, varefter kategorin presenterades i 2 sekunder. Därefter hade deltagaren 5 sekunder på sig att generera ett ord. I genereringsfasen förekom totalt 24 ordpar. I den tredje fasen uppmanades deltagarna att försöka minnas orden från den första fasen. När fixeringskrysset försvunnit efter 4 sekunder, presenterades kategorin i 2 sekunder. Därefter visades första bokstaven i ordet under 5 sekunder. Under denna tid skulle försöksdeltagaren försöka minnas ordet. För schematisk bild av experimentets olika faser se figur 1. Efter en kort paus följde en upprepning av ovan beskriven procedur, med enda skillnaden att det andra blocket bestod av andra ordpar. Varje försök pågick i cirka 50 minuter.

Under tiden som studien genomfördes noterades huruvida deltagarna lyckades generera korrekta ord i genereringsfasen i ett Excelark med separata listor specifika för varje deltagare. På liknande sätt bokfördes resultatet av minnesprestationerna i det slutliga minnestestet. Under experimentets två sista delar mättes deltagarnas pupillstorlek och försöksledarna noterade signalerna från pupillinspelningen på en dataskärm parallellt med att experimentet fortgick.

### **Databearbetning och dataanalys**

Den insamlade datan sorterades och sammanställdes i listor i Excel (2016) för att sedan analyseras vidare i Statistical Package for the Social Sciences, SPSS version 24.0. Med hänsyn till de olika frågeställningarnas utformning valdes olika analysmetoder. Eftersom experimentet är en inomindividsdesign med upprepade mätningar och då materialet konstaterades vara normalfördelat ansågs repeated measures ANOVA passa bäst som utgångspunkt. Då interaktionseffekter framkom i resultatet av ANOVA-testet fördjupades analysen med paired samples t-test.

Handledaren bistod med databearbetning av pupillsignalen. Detta inkluderade datareduktion och bearbetning av pupillsignalen och dataanalys. Eye-trackern mätte pupillens diameter i mm och den insamlade datan bearbetades med mjukvara som handledaren utvecklat i Matlab 7.4 med utgångspunkt ifrån metoderna som beskrivs av Steinhauer (2011). I korthet innebär detta följande steg: 1) För att korrigera för blinkningar och datatapp så togs alla datapunkter med 0:or bort, samt de 10 punkter som kom före och efter detta tillfälle; 2) för att kompensera för fysiologiskt orimliga förändringar så togs även alla datapunkter bort som hade pupilldata under 1 mm och över 9 mm; 3) Därefter gjordes en linjär interpolation



över datan i dessa tillfällen; 4) slutligen så filtrerades datan med ett lågpasfilter på 10 Hz för att reducera högfrekvent brus i datasignalen.

Varje genereringsförsök där forskningspersonerna tittade på kategorin (2 sekunder) och genererade ett ord (5 sekunder) föregicks av att de tittade på ett fixeringskors (4 sekunder). De sista 200 ms av tiden som de tittade på fixeringskorsen användes som baseline. Ett medelvärde på denna baseline-period subtraherades sedan ifrån varje datapunkt i den efterföljande pupillsignalen (se t.ex. Laeng et al., 2011). Anledningen till detta är att människor naturligt har olika pupillstorlekar. Dessa avvikelser måste justeras så att pupillstorlekens förändring enbart är ett resultat av uppgiften och inte individuella skillnader.

### **Etiska överväganden**

Studien bedöms följa forskningsrådets etiska principer. Försöksdeltagarna informerades både muntligt och skriftligt om studiens syfte och innehåll i god tid före studiens genomförande. Samtyckesblanketter, där information om att deltagandet var frivilligt med rättighet att avbryta försöket när som helst, delades ut och fylldes i av deltagarna. I blanketten informerades även deltagarna om att resultatet behandlas anonymt, samt om rätten att kontakta experimentledarna om frågor kring studien uppkom. För deltagare under 18 år fylldes samtyckesblanketter även i av målsman. Då försökspersonerna skulle genomföra experimentet under deras ordinarie skoltid tillfrågades även skollärdningen, som då även gav tillåtelse till användning av skolans lokaler för experimentets utförande.

## Resultat

### Retrieval Induced Forgetting

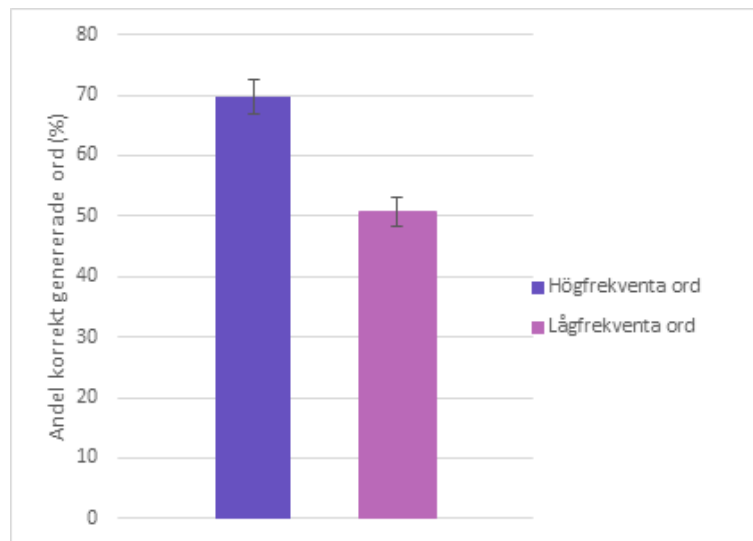
I samtliga statistiska test tillämpades en signifikansnivå på 5 %. Vidare är alla t-test tvåsvansade. Andelen korrekt angivna hög- respektive lågfrekventa ord i genereringsfasen beräknades för varje försöksdeltagare, varpå medelvärden för deltagarnas sammanlagda prestation bestämdes.

Resultatet visade att det var lättare att generera

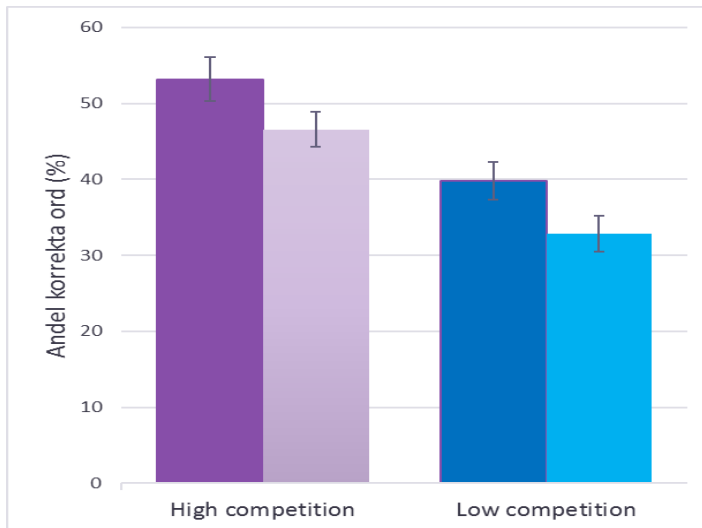
högfrekventa ord än

lågfrekventa i genereringsfasen (se figur 2). Således var prestationen i genereringsfasen bättre under betingelsen Low-competition condition (LCC) än vid High-competition condition (HCC). Ett paired-samples t-test visade att denna skillnad var signifikant,  $t(33)=6.19$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1.06$ .

För att bestämma om glömska inducerades under genereringsfasen jämfördes resultaten på minnestestet med baseline för både HCC och LCC. I en repeated measures ANOVA framkom en signifikant huvudeffekt, som visade att försökspersonerna har presterat bättre i baseline än i testfasen under både HCC och LCC:  $F(1, 33) = 12,39$ ,  $p = .001$ ,  $\eta^2 = .273$ . Resultatet innebär således att en RIF-effekt har framkallats under experimentet. Denna analyserades vidare i ett paired samples t-test som visade att den inducerade glömskan var något större i LCC ( $M = - 1.68$ ,  $SD = 3.34$ :  $t(33) = - 2.93$ ,  $p = .006$ ,  $d = 0.50$ ) än i HCC ( $M = - 1.59$ ,  $SD = 3,53$ :  $t(33) = - 2.62$ ,  $p = .013$ ,  $d = 0,45$ ), se figur 3. Vidare visade ANOVA-testet som beskrevs ovan att deltagarnas minne för högfrekventa ord var signifikant högre än för lågfrekventa både i baseline och vid det slutliga testet:  $F(1, 33)=67,86$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.673$ . Ingen interaktionseffekt mellan variablerna kunde ses:  $F(1, 33)=.01$ ,  $p = .904$ ,  $\eta^2 = .00$ .



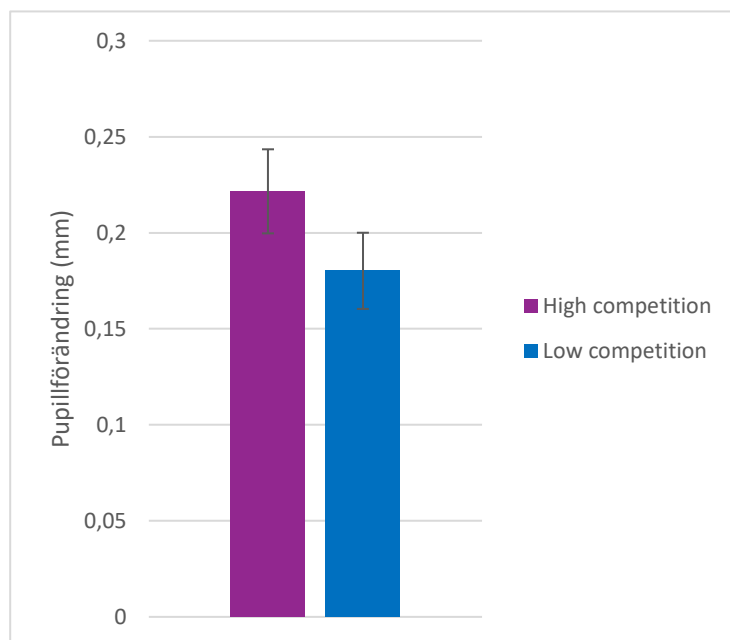
Figur 2 Medelvärden för andelen korrekt angivna högfrekventa respektive lågfrekventa ord i procent under genereringsfasen. Diagrammet visar att det var lättare att generera högfrekventa ord än lågfrekventa. Felstaplarna representerar standardfelet.



Figur 3. Andelen korrekta svar i baseline och i minnestestet under betingelserna High-competition condition (HCC) respektive Low-competition condition (LCC). I diagrammet ses att prestationen är bättre i HCC än i LCC för både baseline och test. Vidare visar diagrammet att skillnaden mellan baseline och test är något större i LCC än i HCC. Felstaplarna representerar standardfelet.

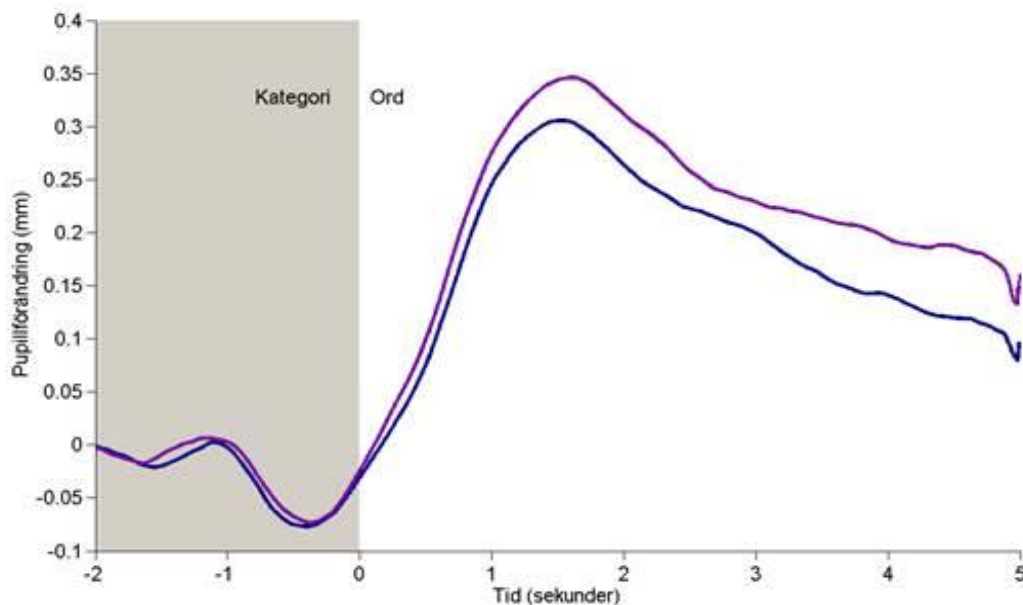
### Pupillstorlek i ordgenereringsfasen

För varje försöksperson bestämdes ett medelvärde av pupilldiameterens storleksändring under genereringsfasen i HCC respektive LCC. Utifrån resultatet beräknades sedan ett medelvärde för pupillens förändrade storlek för samtliga försökspersoner med hänsyn till respektive betingelse. Resultatet visade att medelförändringen av pupilldiameterens storlek var större vid HCC ( $M = 0.22$ ,  $SD = 0.13$ ) än vid LCC ( $M = 0.18$ ,  $SD = 0.12$ ), se figur 4. Ett paired samples t-test visade att skillnaden var signifikant:  $t(33) = 2.92$ ,  $p = .006$ ,  $d = 0.50$ . En skillnad mellan HCC och LCC framkom också då medelvärdet för samtliga deltagares pupillsignaler bestämdes för



Figur 4. Medelförändring av pupilldiameterens storlek angivet i mm hos samtliga försöksdeltagare i High-competition condition (HCC) respektive Low-competition condition (LCC). Diagrammet visar att pupillen utvidgas mer i HCC än i LCC. Felstaplarna representerar standardfelet.

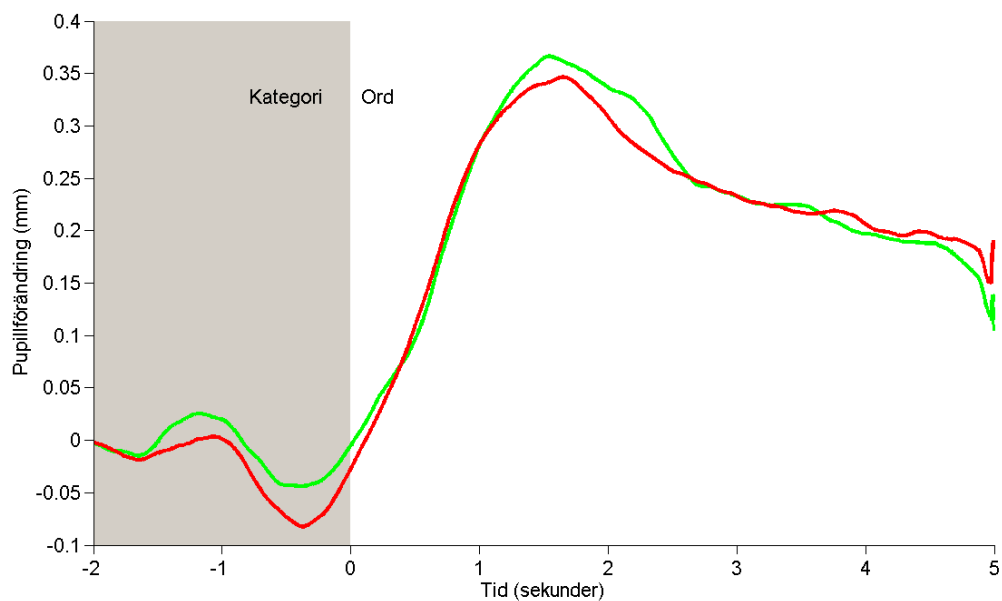
varje betingelse under det tidsintervall i genereringsfasen då kategorin presenterades och orden skulle genereras (se figur 5).



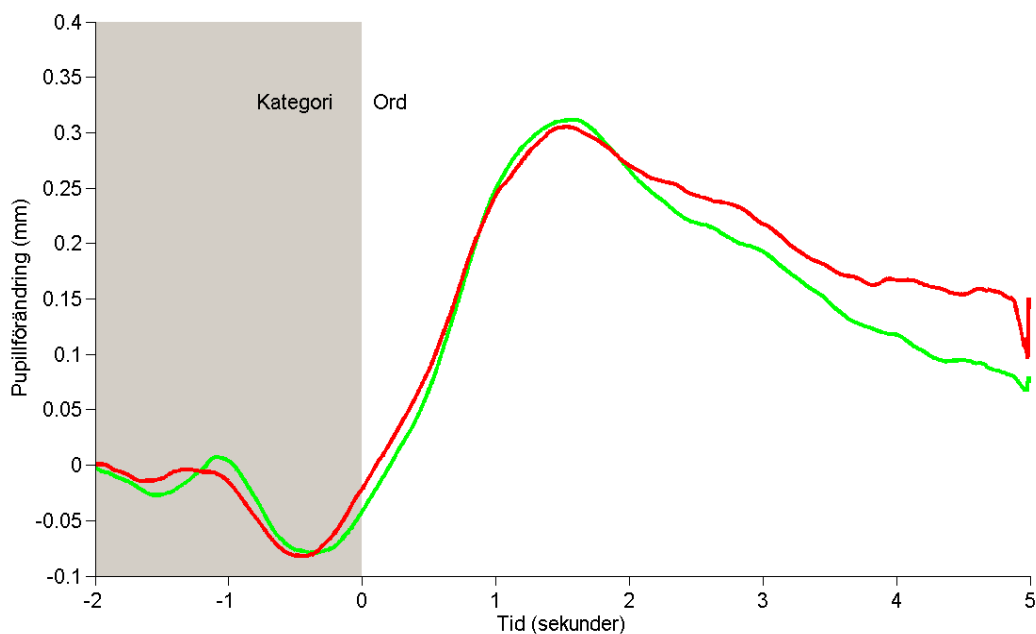
Figur 5. Medelvärdet av pupillförändringarna hos alla försöksdeltagare under betingelserna High-competition condition (lilafärg) och Low-competition condition (blå färg) i genereringsfasen. I diagrammet visas pupillsignalen i relation till baseline under de två första sekunderna då kategorin presenteras samt de efterföljande fem sekunderna när ledtråden visas och orden ska genereras.

När data kring pupillens maximala utvidgning analyserades likt ovan kunde en liknande antydning ses; det samlade medelvärdet för pupillens maximala utvidgning var större för HCC än för LCC:  $M = 0.37$ ,  $SD = 0.15$  för HCC och  $M = 0.34$ ,  $SD = 0.15$  för LCC. I ett paired samples t-test framkom dock att skillnaden mellan dessa medelvärden inte var signifikant:  $t(33) = 1.83$ ,  $p = .075$ .

För att fastställa om det fanns någon skillnad i pupilldiameterns genomsnittliga förändring mellan betingelserna HCC eller LCC eller mellan huruvida deltagarna lyckades generera korrekta ord eller inte gjordes en repeated measures ANOVA. I denna framkom en huvudeffekt som visade att ökningen av pupillstorleken i HCC var signifikant högre än vid LCC:  $F(1, 33) = 7.842$ ,  $p = .008$ ,  $\eta^2 = .192$ . Någon signifikant skillnad i pupilländring kopplat till korrekt/inkorrekt genererade ord kunde inte ses i ANOVA-resultatet:  $F(1, 33) = 0.348$ ,  $p = .559$ ,  $\eta^2 = .001$ . Inte heller någon interaktionseffekt mellan prestationen i ordgenereringsfasen och de olika betingelserna kunde ses  $F(1, 33) = 1.275$ ,  $p = .267$ ,  $\eta^2 = .037$ . Hur pupillens genomsnittliga förändring såg ut beroende på om försöksdeltagarna genererade korrekta ord eller inte för HCC respektive LCC presenteras i figur 6.



Figur 6a. Pupillens genomsnittliga förändring vid korrekt angivna ord (grön linje) och inkorrekt angivna ord (röd linje) i genereringsfasen vid High-competition condition. I diagrammet ses att pupillen ökar mer i genomsnitt då deltagarna lyckats generera korrekta ord jämfört med om orden är inkorrekta. Ett paired samples t-test visar dock att denna skillnad inte är signifikant.



Figur 6b. Pupillens genomsnittliga förändring vid korrekt angivna ord (grön linje) och inkorrekt angivna ord (röd linje) i genereringsfasen vid Low-competition condition. Diagrammet visar att pupillförändringen då korrekta ord genereras är marginellt större än då inkorrekta ord anges. T-test visar att skillnaden inte är signifikant.

Även om ingen interaktionseffekt mellan prestation och betingelserna HCC och LCC framkom i ANOVA-resultatet ovan gjordes vidare analys med paired samples t-test för varje betingelse. Resultatet av testen visade att ingen signifikant skillnad finns i pupillförändring beroende på om korrekta eller inkorrekta ord anges, varken vid HCC  $t(33) = -1.281, p=0,209$ . eller vid LCC ( $t(33) = 0.213, p=.833$ )

När den maximala utvidgningen av pupillen analyserades i en repeated measures ANOVA framkom samma huvudeffekt som då pupilldiameterens genomsnittliga förändring studerades; pupillutvidgningen var signifikant större i HCC:  $F(1, 33) = 5.543, p = .025, \eta^2 = .144$ . Likt resultatet för pupillens medelförändring fanns ingen signifikant skillnad för prestation:  $F(1, 33) = 1.907, p = .177, \eta^2 = .055$ , eller någon interaktionseffekt mellan variablerna:  $F(1, 33) = 1.064, p = .310, \eta^2 = .031$ . Resultatet från paired-samples t-test visar detsamma:  $t(33)=1.577, p=0.124$  för HCC och  $t(33) = 0.649, p=0.521$  för LCC.

### **Pupill och Retrieval Induced Forgetting**

Slutligen undersöks sambandet mellan den RIF-effekt som framkom i minnestestet och pupillens storleksförändring utifrån pupilldata från genereringsfasen. Genom att beräkna skillnaden mellan resultatet på minnestestet och baseline för varje deltagare vid HCC respektive LCC fås ett mått på RIF-effekten under de båda betingelserna för varje individ. Medianen för RIF-effekten vid HCC och LCC bestämdes och delade deltagarna i två grupper genom en *median split* för varje betingelse, där en hög RIF-effekt representeras av en hög grad av glömska och vice versa.

Därefter undersöktes om det fanns en skillnad i pupillförändring mellan gruppen med hög grad av glömska och gruppen med låg grad av glömska i HCC respektive LCC. Resultatet i HCC visade att pupillökningen var större i genereringsfasen för dem som senare visade sig ha glömt mer i minnestestet ( $M = 0.25, SD = 0.13$ ) än för de som glömt mindre ( $M = 0.19, SD = 0.13$ ). Samma resultat framkom för den maximala pupillutvidgningen; vid högre grad av glömska utvidgades pupillen mer ( $M = 0.41, SD = 0.15$ ) än vid lägre ( $M = 0.33, SD = 0.16$ ). Independent samples t-test visade dock att dessa skillnader ej var signifikanta;  $t(30.11) = 1.382, p = 0.177$  för den genomsnittliga storleksändringen och  $t(29.71) = 1.51, p = 0.143$  för ändringen i den maximala pupillutvidgningen.

I LCC kunde ingen skillnad ses i pupillens genomsnittliga förändring mellan gruppen med högre respektive lägre grad av glömska; ( $M = 0.18, SD = 0.14$ ) och ( $M = 0.18, SD = 0.09$ ). Inte heller då den maximala pupillutvidgningen jämfördes fanns någon skillnad mellan grupperna ( $M = 0.35, SD = 0.16$ ) och ( $M = 0.34, SD = 0.14$ ). Således kunde inget samband

mellan pupillens storleksförändring i genereringsfasen och graden av inducerad glömska i minnestestet fastställas varken vid HCC eller vid LCC.

### **Diskussion**

Vid tidigare minnesforskning har man konstaterat att hantering av minnesinterferens vid framplockning av ord kan leda till Retrieval Induced Forgetting (RIF), det vill säga glömska för andra relaterade ord (Anderson et al., 1994). Hellerstedt och Johansson (2014) studerade RIF utifrån betingelserna High och Low-competition condition (HCC och LCC). I studien konstaterades att försökspersonerna var mer benägna att glömma konkurrerande ord med stark koppling till de ord som skulle minnas. Enligt den inhibitoriska förklaringsmodellen beror glömskan på en inhiberande process i framplockningssituationen där konkurrerande ord trycks undan för att göra det lättare att minnas önskade ord (Anderson, 2003). Inhiberingen av tävlande ord kräver mental ansträngning, och mental ansträngning leder till en ökning av pupillstorleken (Beatty & Kahneman, 1966).

I denna studie undersöker vi RIF med utgångspunkt i den inhibitoriska förklaringsmodellen, och relationen till pupillstorlekens förändring vid kognitiv belastning i form av ordgenerering och framplockning i ett minnestest. Vid undersökningen tillämpades även de två betingelserna High- och Low competition condition, i syfte att undersöka om RIF-effekten påverkades av att associationsstyrkan mellan konkurrerande ord och målord var olika i HCC och LCC. Vi undersökte om glömska inducerades i minnestestet som en följd av RIF, och om denna effekt skiljer sig beroende på de två betingelserna High- och Low-competition condition (HCC och LCC). I samband med detta studerades även pupillens storleksändring vid ordgenereringen samt i relation till RIF.

Sammantaget visade resultatet i vår studie en RIF-effekt men till skillnad från det förväntade resultatet att effekten skulle vara starkare i HCC än i LCC fanns ingen signifikant skillnad mellan de båda betingelserna. Som väntat visade resultatet att pupillstorleken ökade mer i genereringsfasen i HCC än i LCC och att denna skillnad var signifikant. Vidare förväntade vi oss att pupillstorleken skulle öka mer när försöksdeltagarna lyckades generera korrekta ord till skillnad från när de misslyckades generera eller genererade inkorrekta ord. Någon signifikant skillnad i pupillförändring kopplat till prestation i genereringsfasen kunde dock inte ses. Vi förväntade oss även att en större pupillförändring i genereringsfasen skulle resultera i en sämre prestation på minnestestet. Resultatet visade att prestationen i minnestestet under betingelsen HCC var sämre för de personer vars pupillstorlek ökade mer i

förhållande till andra i genereringsfasen. Denna effekt var dock inte signifikant. I LCC kunde ingen sådan skillnad ses.

Utifrån studien konstateras att det är lättare att generera högfrekventa ord jämfört med lågfrekventa. För att generera högfrekventa ord behöver lågfrekventa ord enligt den inhibitoriska förklaringsmodellen (Anderson, 2003) inhiberas, vilket bör vara mindre ansträngande än att inhibera högfrekventa ord. Resultatet överensstämmer således med den ursprungliga hypotesen. Att pupillökningen var signifikant större vid generering av ord i HCC jämfört med i LCC tyder på att försökspersonerna behövde anstränga sig mer för att generera lågfrekventa ord i HCC, än vid generering av högfrekventa ord i LCC. Effekten kunde ses både för medelvärdet av pupilldiameters storleksförändring och för den maximala pupillutvidgningen (peak amplitude). Detta resultat kan kopplas till att svårare uppgifter kräver större mental ansträngning, vilket leder till en större pupillökning (Kahneman & Beatty, 1996).

Att resultatet visar en signifikant RIF-effekt i båda betingelserna innebär att glömska har inducerats i minnesfasen i både HCC och LCC. Vi kunde däremot inte se någon skillnad i grad av glömska mellan HCC och LCC, vilket innebär att associationsstyrkan mellan de ord som ska minnas och konkurrerande ord inte påverkat resultatet. Konkurrens mellan ord som orsak till RIF är ett omdiskuterat antagande, och kanske är det så att denna konkurrens inte är avgörande för att RIF ska ha effekt, som Jonker och MacLeod (2012) hävdar. En alternativ förklaring till att glömskeeffekten i HCC inte var signifikant högre jämfört med LCC kan vara att de ord som betraktades som högfrekventa respektive lågfrekventa under tiden för studien av Hellerstedt et al. (2012), inte är representativa för de gymnasieelever som ingick i denna studie, och kanske inte heller andra gymnasieelever 2017. Med anledning av detta skulle det vara intressant att replikera studien med uppdaterade ordlistor som är framtagna med utgångspunkt i den aktuella åldersgruppen.

En annan möjlighet är att resultatet i genereringsfasen och minnestestet till viss grad påverkats av andra faktorer som ligger utanför kontrollen/ramen för studien, som exempelvis osäkerhet hos försökspersonerna. Vid datainsamlingen noterades uttalanden som antydde att försökspersonerna var osäkra på om orden från minnestestet var med i inkodningsfasen eller inte, en osäkerhet som medförde att de inte nämnde orden över huvud taget. Andra uttalanden indikerade att deltagarnas individuella intressen kan ha haft betydelse för resultatet. Några deltagare nämnde bland annat att de var mindre duktiga på kategorier som amerikanska delstater och textilmaterial, medan andra upplevde sig vara bättre inom vissa kategorier. Exempelvis kan en fiskeintresserad deltagare tänkas vara bättre på att plocka fram ord i



kategorin fiskar trots att inhiberingen har lyckats vilket skulle kunna resultera i att RIF-effekten i en sådan situation försvagas. Intressant för en framtida studie skulle således kunna vara att anpassa samt variera kategorierna.

En möjlighet är också att försökspersonernas varierande kunskaper om minnesstrategier, samt förmåga att koncentrera sig under en längre tidsperiod påverkat utfallet. Förutom faktorer som är kopplade till personliga egenskaper kan resultatet påverkas av experimentsituationen som sådan. Det kan exempelvis handla om icke-ljudisolerade experimentrum i kombination med en bullrig skolmiljö. I en idealisk experimentsituation skulle dessa störande faktorer kunna elimineras, vilket är viktigt att ta hänsyn till om replikation av studien blir aktuell. Det skulle också vara intressant att kartlägga hur försöksdeltagarnas personliga egenskaper påverkar utfallet. Är försökspersoner med vissa typer av personlighetsegenskaper mer benägna att chansa än andra, och hur påverkar det deras prestation? Intressant vore även att undersöka om en signifikant skillnad mellan HCC och LCC framkommer med hänsyn till prestationen i minnestestet och hur detta kan knytas till pupillens storleksförändring i genereringsfasen hos en något äldre population.

Vad gäller pupilldatan förväntade vi oss ett samband mellan RIF-effekten och pupillens förändrade storlek i genereringsfasen. Vi antar här även att de faktorer som inverkat på graden av RIF även påverkat pupillens förändring. Då resultatet för pupillförändringen under genereringsfasen skulle analyseras används både medelvärdet för pupilldiameterens storleksändring och den maximala pupillutvidgningen (peak amplitude). Resultaten från dessa är likartade.

Eftersom en ökad pupillstorlek i genereringsfasen antas spegla deltagarnas försök att inhibera konkurrerande ord, antogs en stor pupillökning här leda till ett sämre resultat på minnestestet. Då en antydning till en sådan effekt kunde ses i resultatet för HCC gjordes en *Median split* för att kunna jämföra en grupp med högre grad av glömska med en lägre. Valet att tillämpa denna metod motiverades utifrån den begränsade tidsramen för studien och att vi ville göra någon form av jämförelse mellan pupilländringen och graden av glömska. Nämnvärt är dock att median split är en omdiskuterad metod och att en sådan analys kan göra det svårare att uppnå signifikanta resultat. Om en replikation av studien blir aktuell kan det därför vara lämpligt att undersöka möjligheterna att tillämpa en annan analysmetod.

Att resultatet inte påvisar någon signifikant skillnad mellan grupperna med hänsyn till glömska behöver därför inte betyda att någon sådan skillnad inte finns. Flera orsaker till utfallet kan finnas, varav analysmetoderna av pupilldatan är en av dem. Det är sannolikt inte tillräckligt att enbart dra slutsatser utifrån medelvärden av pupillförändringen. Vid vilken

tidpunkt deltagaren genererar ett ord avgör exempelvis när den maximala pupillutvidgningen sker, vilket i sin tur påverkar det sammanlagda medelvärdet eftersom alla deltagares pupillsignaler adderas. Effekter hos en individ kan då utjämnas av en annan deltagares pupillförändring. Huruvida detta kan ha påverkat det sammanlagda resultatet är därför oklart och om studien skulle genomföras igen behöver fördjupade analyser göras för pupilldatan i genereringsfasen. Det är också möjligt att resultatet hade blivit annorlunda om tidsramen varit en annan. Det något längre tidsintervallet i genereringsfasen jämfört med exempelvis Hellerstedt och Johanssons (2014) studie valdes för att möjliggöra mätning av pupillförändringen då pupillen behöver tid för att utvidgas och stabiliseras. Ett längre tidsintervall kan eventuellt påverka graden av RIF. Med ett kortare tidsintervall kanske vissa deltagare inte hinner svara även om minnena finns tillgängliga, vilket kan påverka resultatet.

Avslutningsvis kan slutsatsen dras att den förväntade RIF-effekten kunde ses under båda betingelserna, vilket bekräftar att tidigare forskningsresultat även kan stämma för en yngre population. En antydning till ett samband mellan pupillförändringen i genereringsfasen och den uppmätta RIF-effekten kunde ses i HCC även om någon signifikans inte fanns. Studien lämnar således plats för framtida forskning inom området. En framtida utmaning är då att fastställa om pupillsignalen är kopplad till svårigheten att plocka fram information eller om den är specifik för inhiberingsmekanismer.

## Referenser

- Aron, A., Aron, E. N., & Coups, E. (2013). *Statistics for psychology: Pearson New International Edition* (6. ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Anderson, M. C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. *Journal Of Memory And Language*, 49(4), 415-445. doi:10.1016/j.jml.2003.08.006
- Anderson, M. C., Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1994). Remembering can cause forgetting: Retrieval dynamics in long-term memory. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory, And Cognition*, 20(5), 1063-1087. doi:10.1037/0278-7393.20.5.1063
- Anderson, M. C., & Neely, J. H. (1996). Interference and inhibition in memory retrieval. In E. L. Bjork, R. A. Bjork, E. L. Bjork, R. A. Bjork (Eds.), *Memory* (pp. 237-313). San Diego, CA, US: Academic Press. doi:10.1016/B978-012102570-0/50010-0
- Bäumel, K. (1998). Strong items get suppressed, weak items do not: The role of item strength in output interference. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 459.
- Beatty, J. (1982). Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological Bulletin*, 91(2), 276-292. doi:10.1037/0033-2909.91.2.276
- Beatty, J., & Kahneman, D. (1966). Pupillary changes in two memory tasks. *Psychonomic Science*, 5(10), 371.
- Dulsky, S. G. (1935). The effect of a change of background on recall and relearning. *Journal Of Experimental Psychology*, 18(6), 725-740. doi:10.1037/h0058066
- Eckhard H. Hess, a., & James M. Polt, a. (1960). Pupil Size as Related to Interest Value of Visual Stimuli. *Science*, (3423), 349.
- Eckstein, M. K., Guerra-Carrillo, B., Miller Singley, A. T., & Bunge, S. A. (2017). Beyond eye gaze: What else can eyetracking reveal about cognition and cognitive development?. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2569-91. doi:10.1016/j.dcn.2016.11.001
- Goldinger, S. D., & Papesh, M. H. (2012). Pupil Dilation Reflects the Creation and Retrieval of Memories. *Current Directions In Psychological Science*, 21(2), 90-95. doi:10.1177/0963721412436811
- Goldstein, B. E. (2014). *Cognitive psychology - Connecting Mind, Research, and Everyday Experience* (4. ed.). Stamford: Cengage Learning.

- Hellerstedt, R. 2015, *From cue to recall. [Elektronisk resurs] : the temporal dynamics of long-term memorial retrieval*, Lund : Lund University, Faculty of Social Sciences, Department of Psychology, 2015 (Lund : Media-Tryck).
- Hellerstedt, R., & Johansson, M. (2014). Electrophysiological correlates of competitor activation predict retrieval-induced forgetting. *Cerebral Cortex*, 24(6), 1619–1629. doi:10.1093/cercor/bht019
- Hellerstedt, R., Rasmussen, A., & Johansson, M. (2012). Swedish category norms. *Lund Psychol Rep.* 12:1–96.
- Hess, E. H., & Polt, J. M. (1964). Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. *Science*, 143(Whole No. 3611), 1190-1192. doi:10.1126/science.143.3611.1190
- Jonker, T. R., & MacLeod, C. M. (2012). Retrieval-induced forgetting: Testing the competition assumption of inhibition theory. *Canadian Journal Of Experimental Psychology/Revue Canadienne De Psychologie Expérimentale*, 66(3), 204-211. doi:10.1037/a0027277
- Jonker, T. R., Seli, P., & MacLeod, C. M. (2013). Putting retrieval-induced forgetting in context: An inhibition-free, context-based account. *Psychological Review*, 120(4), 852-872. doi:10.1037/a0034246
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (2013). *An introduction to brain and behavior* (4. ed.). New York: Worth Publishers.
- Laeng, B., Ørbo, M., Holmlund, T., & Miozzo, M. (2011). Pupillary Stroop effects. *Cognitive Processing*, 12(1), 13-21. doi:10.1007/s10339-010-0370-z
- McGeoch, J. A. (1932). Forgetting and the law of disuse. *Psychological Review*, 39(4), 352-370. doi:10.1037/h0069819
- Murayama, K., Miyatsu, T., Buchli, D., & Storm, B. C. (2014). Forgetting as a consequence of retrieval: A meta-analytic review of retrieval-induced forgetting. *Psychological Bulletin*, 140(5), 1383-1409. doi:10.1037/a0037505
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—Psychophysics software in Python. *Journal Of Neuroscience Methods*, 1628-13. doi:10.1016/j.jneumeth.2006.11.017
- Raaijmakers, J., & Jakab, E. (2012). Retrieval-induced forgetting without competition: Testing the retrieval specificity assumption of the inhibition theory. *Memory & Cognition*, 40(1), 19-27. doi:10.3758/s13421-011-0131-y
- Schacter, D. L. (1987). Implicit memory: History and current status. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory, And Cognition*, 13(3), 501-518.

doi:10.1037/0278-7393.13.3.501

Smith, S. M. (1979). Remembering in and out of context. *Journal Of Experimental Psychology: Human Learning And Memory*, 5(5), 460-471. doi:10.1037/0278-7393.5.5.460

Squire, L. R. (1992). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, 4(3), 232-243. doi:10.1162/jocn.1992.4.3.232

Steinhauer, S. (2011). Analysis of Pupillary Data. *Society for Psychophysiological Research Workshop*, Boston, September 14, 2011.

## Appendix

Hellerstedt, Rasmussen, & Johansson (2012)

<b>Kategori</b>	<b>Exemplar</b>	<b>Hög/lågfrequent</b>	<b>Gen.-ledtråd</b>	<b>Testledtråd</b>
Amerikansk delstat	Colorado	hög	Co	C
Amerikansk delstat	Minnesota	hög	Min	M
Amerikansk delstat	Alaska	hög	Al	A
Amerikansk delstat	Idaho	hög	Id	I
Amerikansk delstat	Hawaii	hög	Ha	H
Amerikansk delstat	Utah	hög	Ut	U
Amerikansk delstat	Wyoming	låg	Wy	W
Amerikansk delstat	Oregon	låg	Or	O
Amerikansk delstat	Kansas	låg	Ka	K
Amerikansk delstat	Louisiana	låg	Lou	L
Amerikansk delstat	Georgia	låg	Ge	G
Amerikansk delstat	Virginia	låg	Vir	V
Blomma	Prästkrage	hög	Prä	P
Blomma	Vitsippa	hög	Vit	V
Blomma	Tussilago	hög	Tus	T
Blomma	Lilja	hög	Li	L

Blomma	Blålocka	hög	Blå	B
Blomma	Nejlika	hög	Ne	N
Blomma	Orkidé	låg	Or	O
Blomma	Snödroppe	låg	Snö	S
Blomma	Krokus	låg	Kr	K
Blomma	Iris	låg	Ir	I
Blomma	Hundkåx	låg	Hu	H
Blomma	Gerbera	låg	Ge	G
Fisk	Tonfisk	hög	To	T
Fisk	Abborre	hög	Ab	A
Fisk	Makrill	hög	Ma	M
Fisk	Sill	hög	Si	S
Fisk	Brax	hög	Br	B
Fisk	Karp	hög	Ka	K
Fisk	Hammarhaj	låg	Ham	H
Fisk	Långa	låg	Lå	L
Fisk	Öring	låg	Ör	Ö
Fisk	Flundra	låg	Fl	F
Fisk	Rödspätta	låg	Röd	R

Fisk	Piraya	låg	Pi	P
Fotbeklädnad	Galosch	hög	Ga	G
Fotbeklädnad	Känga	hög	Kä	K
Fotbeklädnad	Träsko	hög	Tr	T
Fotbeklädnad	Mockasin	hög	Moc	M
Fotbeklädnad	Pumps	hög	Pu	P
Fotbeklädnad	Socka	hög	So	S
Fotbeklädnad	Nätstrumpa	låg	Nät	N
Fotbeklädnad	Damask	låg	Da	D
Fotbeklädnad	Boots	låg	Bo	B
Fotbeklädnad	Ridstövel	låg	Rid	R
Fotbeklädnad	Innesko	låg	In	I
Fotbeklädnad	Joggingsko	låg	Jog	J
Frukt	Plommon	hög	Pl	P
Frukt	Kiwi	hög	Ki	K
Frukt	Citron	hög	Ci	C
Frukt	Mango	hög	Ma	M
Frukt	Vindruva	hög	Vin	V



Frukt	Ananas	hög	An	A
Frukt	Nektarin	låg	Nek	N
Frukt	Litchi	låg	Li	L
Frukt	Rambutan	låg	Ram	R
Frukt	Satsuma	låg	Sa	S
Frukt	Guava	låg	Gu	G
Frukt	Fikon	låg	Fi	F
Fyrbent djur	Flodhäst	hög	Flo	F
Fyrbent djur	Råtta	hög	Rå	R
Fyrbent djur	Giraff	hög	Gi	G
Fyrbent djur	Varg	hög	Va	V
Fyrbent djur	Tiger	hög	Ti	T
Fyrbent djur	Lejon	hög	Le	L
Fyrbent djur	Antilop	låg	An	A
Fyrbent djur	Ekorre	låg	Ek	E
Fyrbent djur	Hyena	låg	Hy	H
Fyrbent djur	Björn	låg	Bj	B
Fyrbent djur	Panter	låg	Pa	P
Fyrbent djur	Dromedar	låg	Dro	D

Fågel	Svala	hög	Sv	S
Fågel	Duva	hög	Du	D
Fågel	Fiskmå	hög	Fi	F
Fågel	Papegoja	hög	Pap	P
Fågel	Talgoxe	hög	Ta	T
Fågel	Rödhake	hög	Rö	R
Fågel	Undulat	låg	Un	U
Fågel	Albatross	låg	Alb	A
Fågel	Häger	låg	Hä	H
Fågel	Nötskrika	låg	Nöt	N
Fågel	Gråsparv	låg	Grå	G
Fågel	Kungsörn	låg	Kun	K
Klädesplagg	Linne	hög	Li	L
Klädesplagg	Jacka	hög	Ja	J
Klädesplagg	Skjorta	hög	Sk	S
Klädesplagg	Mössa	hög	Mö	M
Klädesplagg	Trosor	hög	Tr	T
Klädesplagg	Kofta	hög	Ko	K

Klädesplagg	Halsduk	låg	Ha	H
Klädesplagg	Vantar	låg	Va	V
Klädesplagg	Pullover	låg	Pul	P
Klädesplagg	Fluga	låg	Fl	F
Klädesplagg	Baddräkt	låg	Bad	B
Klädesplagg	Overall	låg	Ov	O
Kroppsdel	Armbåge	hög	Ar	A
Kroppsdel	Näsa	hög	Nä	N
Kroppsdel	Hand	hög	Ha	H
Kroppsdel	Mage	hög	Ma	M
Kroppsdel	Bröst	hög	Br	B
Kroppsdel	Rygg	hög	Ry	R
Kroppsdel	Lunga	låg	Lu	L
Kroppsdel	Kind	låg	Ki	K
Kroppsdel	Tand	låg	Ta	T
Kroppsdel	Överarm	låg	Öv	Ö
Kroppsdel	Vrist	låg	Vr	V
Kroppsdel	Svanskota	låg	Sva	S

Land	Ryssland	hög	Rys	R
Land	Finland	hög	Fi	F
Land	Japan	hög	Ja	J
Land	Italien	hög	It	I
Land	Kanada	hög	Ka	K
Land	Australien	hög	Aus	A
Land	Colombia	låg	Col	C
Land	Egypten	låg	Eg	E
Land	Schweiz	låg	Sc	S
Land	Bolivia	låg	Bo	B
Land	Holland	låg	Ho	H
Land	Portugal	låg	Por	P
Musikinstrument	Flöjt	hög	Fl	F
Musikinstrument	Trombon	hög	Tr	T
Musikinstrument	Harpa	hög	Ha	H
Musikinstrument	Cello	hög	Ce	C
Musikinstrument	Munspel	hög	Mu	M
Musikinstrument	Saxofon	hög	Sa	S
Musikinstrument	Oboe	låg	Ob	O

Musikinstrument	Dragspel	låg	Dra	D
Musikinstrument	Luta	låg	Lu	L
Musikinstrument	Ukulele	låg	Uk	U
Musikinstrument	Banjo	låg	Ba	B
Musikinstrument	Gurka	låg	Gu	G
Sjukdom	Klamydia	hög	Kla	K
Sjukdom	Tuberkulos	hög	Tub	T
Sjukdom	Leukemi	hög	Le	L
Sjukdom	Malaria	hög	Ma	M
Sjukdom	Diabetes	hög	Dia	D
Sjukdom	Tuberkulos	hög	Tub	T
Sjukdom	Epilepsi	låg	Epi	E
Sjukdom	Parkinsons	låg	Par	P
Sjukdom	Benskörhet	låg	Ben	B
Sjukdom	Herpes	låg	He	H
Sjukdom	Reumatism	låg	Reu	R
Sjukdom	Njursten	låg	Nju	N
Sport	Pingis	hög	Pi	P

Sport	Golf	hög	Go	G
Sport	Höjdhopp	hög	Höj	H
Sport	Innebandy	hög	Inn	I
Sport	Simning	hög	Si	S
Sport	Badminton	hög	Bad	B
Sport	Karate	låg	Ka	K
Sport	Fäktning	låg	Fäk	F
Sport	Vattenpolo	låg	Vat	V
Sport	Rodd	låg	Ro	R
Sport	Cricket	låg	Cr	C
Sport	Diskus	låg	Di	D
Stad	Paris	hög	Pa	P
Stad	Berlin	hög	Be	B
Stad	Madrid	hög	Ma	M
Stad	Köpenhamn	hög	Köp	K
Stad	Uppsala	hög	Up	U
Stad	London	hög	Lo	L
Stad	Istanbul	låg	Ist	I
Stad	Chicago	låg	Ch	C

Stad	Auckland	låg	Auc	A
Stad	Dubai	låg	Du	D
Stad	Santiago	låg	San	S
Stad	Glasgow	låg	Gl	G
Textilmaterial	Polyester	hög	Pol	P
Textilmaterial	Manchester	hög	Man	M
Textilmaterial	Sammet	hög	Sa	S
Textilmaterial	Ylle	hög	Yl	Y
Textilmaterial	Nylon	hög	Ny	N
Textilmaterial	Kashmir	hög	Ka	K
Textilmaterial	Chiffong	låg	Chi	C
Textilmaterial	Goretex	låg	Go	G
Textilmaterial	Tyll	låg	Ty	T
Textilmaterial	Elastan	låg	El	E
Textilmaterial	Denim	låg	De	D
Textilmaterial	Chiffong	låg	Chi	C
Yrke	Ingenjör	hög	Ing	I
Yrke	Städare	hög	St	S

Yrke	Brandman	hög	Bra	B
Yrke	Frisör	hög	Fr	F
Yrke	Advokat	hög	Ad	A
Yrke	Rörmokare	hög	Rör	R
Yrke	Kock	låg	Ko	K
Yrke	Massör	låg	Ma	M
Yrke	Tandläkare	låg	Tan	T
Yrke	Väktare	låg	Vä	V
Yrke	Designer	låg	Des	D
Yrke	Präst	låg	Pr	P