Sudoku til undervisningsbrug

Emil Erik Hansen Julian Møller Klaes Bo Rasmussen
Steen Nordsmark Pedersen

11. juni 2007

Indhold

1 Formalia

Projekttitel	Sudoku til undervisningsbrug
Gruppenummer	4
Studerende	Emil Erik Hansen
	Julian Møller
	Klaes Bo Rasmussen
	Steen Nordsmark Pedersen
Instruktor	Dennis Franck
Underviser	Georg Strøm

2 Formål

Den følgende rapport er en besvarelse på den stillede opgave til kurset Førsteårsprojekt på Datalogisk Institut, Københavns Universitet, år 2007, under vejledning af Dennis Franck. Opgaven gik ud på at konstruere et program der kan stille løsbare sudokuopgaver til børn fra 1. - 3. klasse i folkeskolen. Programmet skal være let tilgængeligt samt underholdende og imødekommende for børnene. Der skal derudover være muligt for børnene undervejs i spillet at kunne få hjælp, såfremt de sidder fast, og ikke kan komme videre. Derudover skulle det være muligt at vælge forskellige sværhedsgrader, for at kunne ramme en bredere del af målgruppen.

3 Indledning

I dette projektemne var der mange muligheder for at prøve forskellige aspekter af softwareudvikling. Der skulle laves en pæn, underholdende og overskuelig brugergrænseflade. Vi arbejdes med matematikken og algoritmerne bag sudoku og begge ting skulle tilpasses, således at det tiltalte og var brugbart for børn. Derudover mener vi at sudoku er en god måde at indlære logisk tænkning og overblik på – noget som er gode egenskaber senere i de matematiske fag. Vi synes det er vigtigt at have det sjovt mens man indlærer sådanne færdigheder.

Sudoku bliver brugt i folkeskolens matematikundervisning, hvor børnene får udleveret opgaver på papir, som de skal løse, enten i klassen eller som hjemmearbejde. Denne metode har visse ulemper. Børnene kan ikke få hjælp hvis de sidder fast, hvis ikke der er en anden person der kan løse sudokuen i nærheden. Desuden kan de komme ud for at have løst en sudoku forkert, hvis de ikke har været opmærksomme på eventuelle fejl. Et program til computeren eller internettet, der kan generere og vise sudokuer, samt hjælpe børnene hvis de har brug for det, kan derfor være en hjælp for både børn og lærere. Variable sværhedsgrader giver også sudokuerne en bredere målgruppe, da børnene kan få genereret en der svarer til deres faglige niveau. Endvidere kan børnene let få flere sudokuer hvis de har lyst, så de ikke er begrænset til

antallet de har fået udleveret i skolen. Den indbyggede hjælpefunktion medvirker også til at børnene forhåbentlig kan løse sudokuerne uden assistance fra voksne. På denne måde er børnene ikke afhængige af f.eks. forældres tid til at lave lektier med dem.

I sidste ende er det lykkedes os at lave et program, der efter vores mening opfylder kravene stillet af interessenten og os selv. Vores program appelerede desuden til målgruppen og kunne holde deres interesse fanget[1]. I denne rapport beskriver vi forskellige aspekter af vores løsning, samt den udviklingsproces den gennemgik.

Forudsætningerne for at læse denne rapport er kendskab til programmeringssproget Java, samt simpel sudoku teori[2].

4 Problemformulering og begrænsning

4.1 Baggrund

En sudoku er en spilleplade hvor den mest normale størrelse 9x9 felter[3]. Disse felter er, når spillet er færdigt, udfyldt med tallene fra 1 til 9. Pladen består af rækker, kolonner og kvadranter. Hver af disse er på 9 felter, og der er 9 af hver af dem på en fuld spilleplade. Rækker og kolonner er ikke så svære at skelne, men kvadranterne er lidt anderledes. Disse består af små spilleplader på 3x3 felter, indbygget i den store spilleplade som så består af 3x3 kvadranter. Et eksempel på en tilfældig sudokuplade kan ses på Figur 1.

2	5			3		9		1
	1				4			
4		7				2		8
		5	2					
				9	8	1		
	4				3			
			3	6			7	2
	7							3
9		3				6		4

Figur 1: En sudoku spilleplade

I hver række, kolonne og kvadrant skal der være præcis ét af hver af de 9 tal[4]. Med denne viden skal man kunne udfylde en sudoku hvor ét eller flere af felterne er blanke. Jo færre tal der er på pladen, jo sværere bliver sudokuen

[1] Se brugertest afsnittet for mere information

[2] Kan f.eks. findes på `http://www.sudokumester.dk/?ID=guide`.

[3] Sudokuer kan genereres i mange forskellige størrelser. Den mest normale er dog 9x9 felter.

[4] Disse "regler" er i resten af rapporten omtalt som "sudokureglerne".

at løse og man skal til tider tænke fremad for at kunne finde ud af hvordan man skal løse den. Det specielle ved at generere en sudoku er at det ikke er en "korrekt" sudoku, hvis man kommer til at fjerne et tal fra pladen, der gør at sudokuen har mere end én mulig løsning. Hvis man begynder med en tilfældigt genereret fuldt udfyldt plade og derefter fjerner tal fra den er man således nødt til at være sikker på at man ikke fjerner tal der åbner for flere løsninger.

En spiller skal kunne få en sudokuplade med en justerbar sværhedsgrad og have mulighed for at udfylde felterne på pladen samt ændre eller fjerne deres egne placerede tal. Brugeren skal have mulighed for at få hjælp til løsningen, eller til at komme videre hvis vedkommende sidder fast. Man skal ligeledes kunne få at vide når spillet er færdigt, få et nyt spil til enhver tid og afslutte programmet når man har lyst. Programmet skal virke indbydende og let tilgængeligt for den pågældende målgruppe.

5 Analyse

5.1 Målgruppe

Målgruppen for vores projekt er elever i 1. - 3. klasse, et standpunkt kravene er udformet fra. Der er blandt andet krav om brugbarhed, der skal gøre det muligt kun at betjene programmet udelukkende ved hjælp af musen, for at holde det så simpelt som muligt.

5.2 Analyse af problem

Fra interessenten fik vi stillet følgende krav:

- Programmet skal kunne generere løsbare sudokuer.
- Man skal kunne vælge forskellige sværhedsgrader.
- Man skal kunne få hjælp til at komme videre når brugeren er kørt fast.
- Programmet skal være let anvendeligt.
- Der må ikke kræves for høje læsefærdigheder.
- Programmet skal virke underholdende og sjovt.

Ovenstående krav, blev delt op i katorierne *sudoku*, *brugbarhed*, *motivation* og *teknik*. Vi tilføjede yderligere krav, da vi syntes det var nødvendigt for at opnå et tilfredsstillende produkt. Det skal give børnene det faglige indhold i programmet, samtidigt med at de bliver underholdt. Derudover er de tekniske krav for selve computeren sat lavt, således at det langt fra er nødvendigt at skolerne har nye og hurtige computere eller komplet opdateret software.

5.2.1 Kategorien sudoku

Programmet skal naturligvis kunne generere løsbare sudokuer, således at vi sikrer os, at der altid er nye udfordringer til brugeren. At have en generator fremfor en enorm mængde prægenererede sudokuer liggende har vi en langt større mængde sudokuer. En dybere teknisk beskrivele af generatoren kan læses i afsnit 8.6 på side 20.

I en sudoku er der forskellige måder at gøre niveauet mere udfordrende. Eksempelvis kan antallet af udfyldte felter, størrelsen af sudokuen samt hvilken sudoku metode der er brugt til at fjerne tallene varieres.[5] Vi valgte at sætte sværhedsgraderne som et underkrav til at der skulle kunne genereres sudoku, da det ikke ville give mening at definere sværhedsgrader på noget, der i forvejen var umuligt at løse. Vi valgte at regulere sværhedgraden ved at ændre på antallet af felter der bliver fjernet.

Børnene skulle derudover være i stand til at få hjælp til at løse deres sudoku. Denne definition er utroligt åben, da typen af hjælp der kan gives er meget forskellig. Vi besluttede os for gøre brug af den måde vi kom med som eksempel i kravspecifikationen[6], hvor et løsbart felt blot markeres i stedet for at blive udfyldt. Grunden til dette var, at vi ikke ville have at brugeren skulle kunne løse sudokuerne udelukkende ved brug af hjælpefunktionen. En yderligere idé vi senere fik var, at i tilfælde af fejl skulle de forkert udfyldte felter markeres med rød farve når hjælpefunktionen blev kaldt. Denne er videre beskrevet i afsnit 8.5 på side 20.

5.2.2 Kategorien brugbarhed

Vi satte det som det primære krav at programmet skulle være let anvendeligt for brugerne, dvs. at der såvidt muligt ikke måtte være tvivl om hvordan programmet videre ville forløbe, samt hvad forskellige handlinger medfører. Dette krav er umiddelbart meget tæt på kravet stillet af interessenten, dog med den forskel at vi har strammet vores betydeligt ved at sætte en begrænsning på hvor længe brugeren højst må have brug for til at sætte sig ind i programmet. Denne grænse satte vi i vores kravspecifikation til fem minutter. Grunden til at vi satte den, var at vi synes begrebet "let anvendeligt" var meget løst, og krævede en klarere definition. Af den grund er dette krav et overordnet krav til de to følgende krav i denne kategori.

Naturligvis optræder der noget tekst i programmet og denne vil vi også gerne have skal opretholde brugbarhedskravet ved at være let forståelig og ikke kræve de store sprogfærdigheder af brugerene. For at have et nogenlunde udgangspunkt, sigtede vi efter at LIX-tallet[7] maksimalt skulle ligge på otte, men det ville være godtaget hvis det viste sig at børnene forstod

[5] Læs mere om metoderne i afsnit 8.3 på side 18.

[6] Hele kravspecifikationen kan ses bagest i rapporten, hvor den er vedlagt som bilag.

[7] LIX er en forkortelse for læsbarhedsindeks, der en skala for en given teksts læsbarhed.

den skrevne tekst. Dette fik vi testet ved vores brugertest, hvor børnene blev overvåget mens de brugte programmet, og bagefter udspurgt bl.a. om de forstod teksten. Disse test er beskrevet ydereligere i afsnit 10.1 på side 23.

Betjening af programmet valgte vi selv at tilføje som et separat krav, da vi syntes at det ville hjælpe betydeligt på hvor let anvendeligt programmet var, hvis brugeren kunne nøjes med udelukkende at bruge musen. Alternativet ville være at tastaturet skulle i brug, og situationer hvor brugeren var nødt til at fjerne fokus fra skærmen kunne opstå. En af de mål vi ønskede at opnå ved let anvendelighed var at brugeren med det samme skulle kunne blive fanget. I almindeligt sudoku på papir er der til sammenligning ikke brug for at personen der løser den kigger andre steder hen end på spillepladen.

Vi valgte ligeledes at tilføje et separat krav om at det skulle være muligt at slette eller ændre de tal man indsætter på spillepladen. Dette er relevant i tilfælde af at der blev fundet fejl på et eller flere felter, eller hvis brugeren ombestemte sig i sit valg af talplacering. Ligesom man i en sudoku på papir kan viske sine tal ud, hvis man har lavet en fejl. Dette krav er dog lidt af en selvfølgelighed, da brugerne naturligvis vil lave fejl på et eller andet tidspunkt, og dermed ikke ville kunne løse sudoken, hvis ikke denne funktionalitet var implementeret.

5.2.3 Kategorien motivation

Det første af de to krav vi besluttede os for var, at brugeren skulle have mulighed for at se hvordan vedkommende havde klaret sig efter hvert spil. Dette indkluderer hvor langt tid der er brugt på at løse sudokuen, dens sværhedsgrad, antal fejl der er brugt og hvor meget hjælp programmet har givet. Dette syntes vi ville være en god ide, da konkurrence er et incitationselement, der får børnene til at anstrenge sig for at løse opgaven bedre end før, idet resultaterne både kan sammenlignes med tidligere præstationer fra sig selv og andre brugere.

Den anden del af kategorien inkluderer vores maskot, som skulle virke venlig og imødekommende overfor børnene. Den skulle derudover integreres med hjælpefunktionen, således at maskotten blev brugt til at formidle beskeder fra programmet til brugeren, som vi synes er en god måde at videregive informationen på[8].

5.2.4 Kategorien teknik

Vi valgte at basere det tekniske grundlag på en platform uafhængig af styresystem, da det dermed ikke er nogen hindring at bruge f.eks. Linux - et problem man ellers ofte kan komme ud for i mange kommercielle softwareprodukter.

[8] Vi lærte senere at der var visse problemer med maskottens kommentarer, som kan læses i brugertest afsnittet på side 22.

Foruden det valgte vi at gøre det til et krav at programmet skal kunne køres i en internetbrowser, i stedet for at programmet skal ligge på hver enkelt computer. Dette vil være en klar fordel når en hel skoleklasse skal bruge programmet at de bare skal åbne en browser. Programmets udbredelse vil på denne måde kunne blive større end en eksekverbar fil vil kunne sørge for, idet det er nemmere at åbne en internetside i en browser i stedet for at skulle finde programmet, downloade det og derefter køre det.

De to ovenstående punkter fik os til at vælge at basere vores program på Java 1.5-platformen. Programmet vil dermed både kunne afvikles som eksekverbar fil men også som applet i en internetbrowser. Grunden til valget af version 1.5 er at den er mere udbredt end den i skrivende stund nyeste 1.6-udgave. Vi vil ikke have at programmets krav gør det umuligt at afvikle fordi brugerne ikke står med de nyeste udgaver af deres software. Er brugerne udstyret med version 1.6 er det dog ikke noget problem, da Java er bagudkompatibelt.

5.3 Begrænsninger

Vi valgte at begrænse vores spilleplade til "standardstørrelsen" på 9x9 felter, når sværhedsgraden i forvejen kan gradueres så meget som den kan.

Programmets maskot valgte vi også at lave til et statisk objekt. I starten overvejede vi at lave det animerbart, så forskellige tegninger kunne vises alt efter brugerens aktivitet eller handlinger.

Én fordel ved sudokuer på papir i undervisningsøjemed er at det er muligt for en lærer at kontrollere om børnene har løst sudokuerne korrekt. Dermed kan læreren vurdere klassens samlede - og elevernes individuelle - niveau. Denne mulighed er der ikke i vores program, men det ville være en naturlig udvidelse at implementere en mulighed for at udskrive resultater fra en spilsession. Dette ville give lærere mulighed for at give børn lektier for i programmet, for så derefter bede dem om at aflevere en "rapport" til læreren, der kan bruges til at vurdere elevens niveau.

Da vi i vores implementation har gået ud fra, at børnene kender reglerne for sudoku. Men fordi det var et krav, at der skulle være inkluderet de fulde regler, valgte vi blot at henvise til nogen, efter vores mening, velskrevne regler, der befinder sig på `http://www.sudokumester.dk/?ID=guide`. Hvis programmet skal distribueres, skal dette naturligvis laves om så det i programmet selv er muligt at få forklaret de fulde regler.

En mere teknisk begrænsning ligger i vores sudokuløser, der bruges til at hjælpe med at generere sudokuplader. Denne kunne være udvidet med funktionalitet, så den kunne forsøge at iterere over et "gættetræ", hvis det ikke ud fra udelukkelse og brug af sudokureglerne var muligt at placere et tal. Hvis en gren ville vise sig at være ugyldig skulle funktionen altså hoppe tilbage til forrige samling og forsøge en anden gren. Gættefunktionalitet i løseren ville give os mulighed for at fjerne flere tal fra en sudokuplade og dermed kunne

generere sværere sudokuer. Dette blev dog fravalgt pga. målgruppens alder kombineret med det faktum at vores højeste sværhedsgrad er tilstrækkelig for størstedelen af eleverne i 1. - 3. klasse.

En mindre begrænsning ligger i, at der i programmet ikke er nogen "Om"-skærm der viser programmets version, udviklere o.l. Denne simple skærm ville naturligvis være hensigtsmæssig at inkludere, skulle programmet en dag videreudvikles og eventuelt udsendes til brug.

6 Design af løsning

6.1 Overordnet design

Vi har valgt at lave vores program så det kan afvikles med Java 1.5 fra en eksekverbar JAR fil eller som applet i en browser. Vi har valgt at understøtte Internet Explorer version 5.5 eller derover samt Mozilla Firefox version 1.5 eller derover på Linux og Windows. Dette er valgt da vores brugere ikke altid har den nyeste version af hverken Java eller de browsere de nu bruger. Specielt på skoler, som programmets målgruppe ofte vil befinde sig på under afviklingen.

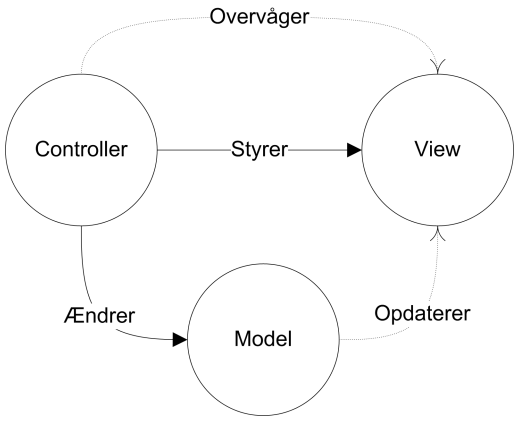
Der er flere hovedpunkter designmæssigt. Det ene og et af de vigtigste er grænsefladen. Da det er et program for børn skal den være simpel at bruge. Derudover skal den være tillokkende og flot for at holde børnenes interesse.

Det andet hovedpunkt er vores sudokugenerator. Den skal generere korrekte, løsbare sudokuer, men samtidig skal de være tilfældigt genererede og med mulighed for at tilføje flere sværhedsgrader. Desuden var det et mål at generatoren skulle være så hurtig, at man ikke oplever ventetid når nye spil genereres. Hvis generatoren havde været for langsom ville det formentlig kunne afskrække brugere fra at bruge programmet. Mange er utålmodige når de sidder foran en computer – oplysningerne skal helst komme frem med det samme.

Endvidere skal systemet være let at udvide med ny funktionalitet, hvilket er en af grundene til at vi har valgt at skrive i et objektorienteret sprog. Vi har også gjort brug af `Model-View-Control`-designparadigmet, da det tillader nem udvidelse af én komponent uden at redigere nævneværdigt i andre. Derudover har vi så vidt muligt gjort brug af abstrakte klasser og interfaces i vores programdesign, for at det skulle være nemt f.eks. at tilføje indstillinger eller andre grænseflader end de to implementerede (Java applikation og Java applet). Det gør det nemlig muligt for kommende udviklere blot at skrive klasser der læner sig op af de i forvejen lavede interfaces, hvormed al allerede eksisterende funktionalitet meget gerne skulle fungere med det samme.

6.2 Model-View-Control (MVC)

Vores design er bygget op omkring den klassiske MVC-model. Den indeholder de tre moduler `Model`, `View` og `Control`. Dette valg giver gode muligheder for videreudvikling af programmet da MVC-modellen tillader at udskifte dele af programmet uden det påvirker de andre. Det er desuden nemt at vedligeholde, da al programlogikken ligger i én seperat del, komplet adskilt fra programmets udseende og data. På den måde kan man f.eks. nemt skifte spillets "motor" uden at skulle ændre hverken programlogikken eller den grafiske grænseflade. Figur 2 viser det overordnede samspil mellem de tre dele og viser hvorledes `Control` styrer hvad der skal vises i `View` samtidig med at komponenten ændrer dataen i `Model`. Det fulde designdokument kan findes som bilag bagest i rapporten.



Figur 2: Model-View-Controller samspillet

6.2.1 `Model`

`Model` indeholder selve "regnemaskinen" i programmet. Det er i dette modul at sudokuen bliver genereret også vores sudokuløser huserer. Vi bruger sudokuløseren dels som hjælpefunktion til generatoren og dels som baggrund for hjælpefunktionen. `Model` indeholder oplysninger om de data der forekommer i programmet (f.eks. hvordan sudoku-spilleplader ser ud). Modulet indeholder også metoder til at ændre disse data. Endvidere indeholder `Model` også indstillinger for sværhedsgraderne samt en klasse, der holder styr på spilstatistikker. Der er også basale matematikmetoder at finde her. Matematikmetoder der f.eks. omregner et felt-Id til et koordinat[9] på en sudokuplade eller kan finde Id-numrene på alle tal i et felts kvadrant, kolonne eller række.

[9]Med et sudokukoordinat mener vi et givent felts række, kolonne og kvadrantnummer.

6.2.2 `View`

`View` er den grafiske repræsentation af programmet. Det indeholder hele den grafiske brugergrænseflade og sørger for at denne bliver vist korrekt. `View` henter oplysninger fra `Model` om hvilke data der skal være i de viste dele. Modulet bliver styret af `Control`, så der skiftes mellem de tre primære skærmbilleder, "Nyt spil", "Sudoku" og "Tillykke". Skærmbillederne er beskrevet yderligere i afsnit 7 startende på side 14.

6.2.3 `Control`

`Control` er det modul der styrer programmet. Det er `Control` der bliver kaldt når programmet startes. Her sender besked til `Model` om at generere en løsbar sudoku hvorefter det kalder `View` modulet til at lave en grafisk repræsentation som brugeren kan interagere med. Det er også i `Control` at handlinger, der skal udføres når man trykker på knapper, menupunkter o.l., ligger. Disse bliver vedhæftet `View` når den grafiske repræsentation oprettes. `Control` sørger også for at dataene i `Model` bliver ændret sammen med den grafiske repræsentation i `View` når brugeren foretager en handling i programmet.

6.3 `Observer` og `Observable`

Udover MVC-paradigmet, har vi også implementeret Java-mønstrene `Observer` og `Observable`. Disse gør det muligt for klasser at overvåge andre klasser. På den måde kan man i en `Observable`-klasse gøre alle observerende `Observer`-klasser opmærksom på at indholdet er ændret. Derved kan `Observer`-klasserne selv sørge for at håndtere den nye data.

Vi har konstrueret det således at `model.Board` implementerer `Observable` mens `view.Board` implementerer `Observer` og dermed overvåger `model.Board`. På den måde bliver spillepladen gentegnet og fyldt med frisk data når der startes et nyt spil.

Man kunne også have valgt at lave en større udgave, hvor f.eks. hvert felt på spillepladen stod for at observere det specielle stykke data i `model.Board` som de repræsenterede. Hvis dette var blevet implementeret, kunne den del af programlogikken i `Control`, der står for at opdatere spillepladen når dataene ændrer sig, være sparet væk. Javas interne teknikker kunne dermed have taget sig af det. Der skulle dog naturligvis stadig være metoder i hhv. den observerende og observerbare del, der rent faktisk tog sig af at ændre tallene. Logikken kunne dog være flyttet ud til dér, hvor den rent faktisk bliver brugt.

6.4 Datarepræsentation

Vores sudokuplader er i programmet repræsenteret som et simpelt array af heltal med en fastsat størrelse.

Vi har valgt denne primitive datastruktur da den simplificerer de matematiske funktioner. De er nødvendige for at kunne operere med sudokuplader, fordi hvert element i et array har en værdi og et Id-nummer. Desuden er et array en af de hurtigste datatyper i Java, hvis man ved på hvilken plads elementerne skal hentes fra eller indsættes på. Da dette er veldefineret i et sudokuspil fandt vi det sensibelt at gøre brug af arrays. Høj hastighed var også et vigtigt kriterie for os, i forbindelse med vores sudokugenerator, så på dette punkt var det naturligt at bruge arrays af heltal.

Naturligvis kunne vi have oprettet et array af felt-objekter, men eneste umiddelbare fordel vi så ved dette var udvidelsen af `Observer-Observable`-designparadigmet, som beskrevet i afsnit 6.3.

6.5 Algoritmer

I vores indledende udviklingsfase undersøgte vi diverse muligheder for at bruge en i forvejen lavet sudokugenerator og -løser. Vi fandt dog ingen med passende licenser, der samtidig var lette at implementere i vores eget program. Derfor endte vi med at tage beslutningen om selv at udvikle både generatoren og løseren. På denne måde var vi også sikre på at vi ville ende med singulære sudokuer. Derudover kunne vi også selv bestemme hvordan de forskellige sværhedsgrader skulle håndteres og gradueres. Således kunne vi nemt ende med sværhedsgrader, der passede til vores målgruppe.

Dette betød dog også at vi fik tilføjet en væsentlig arbejdsbyrde, idet vi også skulle konstruere hjælpefunktioner til at regne på sudokuplader samt selv finde ud af hvordan sværhedsgrader kunne defineres. Alt i alt føler vi dog at alt dette har givet os en mere solid løsning, fordi vi selv har kontrol over alle aspekter af programmets bagvedliggende funktionalitet.

Vi har valgt kun at kunne generere en størrelse sudokuplade. Dette gør vi ved først at generere en tilfældig, fyldt sudokuplade. Det sker ved at vi blander en gyldig sudokuplade vilkårligt rundt. Man må dog kun bytte rundt på rækker i samme kvadrantrække og kolonner i samme kavdrantkolonne[10].

Der fjernes herefter et tal af gangen. Når et tal fjernes beder vi vores sudokuløser om at løse det givne felt. Hvis den kan, lader vi feltet være tomt, hvorefter der fortsættes til vi har en tilfredsstillende sudokuplade.

Denne fremgangsmåde kræver således en algoritme til ikke bare at kunne generere, men også løse sudokuer. Til gengæld kan den samme algoritme bruges til at hjælpe brugeren undervejs i spillet, da der altid vil være mindst ét felt denne løser kan løse.

[10]En sudoku er opdelt i kvadranter og kvadrantrækker og kvadrantkolonner defineret som kolonner og rækker af disse. Dvs. kolonnerne 1-3 udgør kvadrantkolonne 1.

7 Grafisk design

Det grafiske design er en væsentlig del af vores projekt. Da det skal appellere til børn er det meget vigtigt at brugerne kan lide det og føler det imødekommende. Dette kan kun afgøres i brugertest, dog er det muligt at gøre tingene simple og flotte før programtesten. Vores brugergrænseflade består af tre skærmbilleder "Vælg sudoku", "Sudoku" og "Tillykke". På alle skærmbilleder optræder vores maskot, som udgør en stor del af spiloplevelsen.

Alle farver er så vidt muligt præget af en pastelbaseret farvepalet, dels for at gøre knapper og overskrifter tydelige, dels for at de skal appellere til brugerne.

Knapper har vi valgt at holde i store, runde former, alle med en kort tekst. Det skal hurtigt gøre brugerne i stand til instinktivt at kunne finde ud af hvilke konsekvenser der vil være når de trykkes på en knap.

Overskrifter er holdt i runde, bløde skrifttyper med en forholdsvis stor skriftstørrelse. Teksten i overskrifterne er som al anden tekst i programmet holdt så kort og simpel som mulig.

På spillepladen har vi valgt at gøre forudplacerede tal grå, for tydeligt at adskille dem fra de sorte tal brugeren placerer undervejs. Dette er valgt for at gøre det klart over for brugeren at der ikke sker noget når man trykker på de i forvejen placerede tal. Det er kun muligt at gøre noget ved at trykke på de tal man selv har placeret.

7.1 Vælg sudoku

På dette skærmbillede har brugeren valget mellem en "Let", "Mellem" og "Svær" sudoku. Når en af disse er valgt fortsættes der til næste skærmbillede. Det er denne skærm der vises som det første når brugeren starter programmet.

Figur 3 viser hvordan dette skærmbillede ser ud.

Figur 3: Skærmen hvor brugeren kan vælge en sværhedsgrad.

7.2 Sudoku

Sudokuskærmbilledet består af en menulinje, en maskot med dertilhørende hjælpetekst, en sudoku-spilleplade og to knapper. Fra menulinjen er det muligt at starte et nyt spil, lukke spillet, få hjælp til at løse sudokuen, og få information om hvor de generelle sudoku regler kan findes.

På sudokuspillepladen kan man ved hjælp af musen indsætte og fjerne tal.

I højre side finder man de to knapper "Hjælp" og "Nyt spil". "Hjælp" giver brugeren mulighed for at få hjælp til at løse sudokuen mens "Nyt spil" sender brugeren tilbage til det foregående skærmbillede og for derved starte en ny sudoku.

Hjælpe- og informationstekst kommer frem i taleboblen ud for programmets maskot, fåret Dolly.

Figur 4 viser hvordan dette skærmbillede ser ud.

Figur 4: Sudokuspillepladen

7.3 Tillykke

Det sidste skærmbillede er "Tillykke" billedet. Der vises statistik for den løste sudoku samt en knap til at starte et nyt spil. Statistikken indeholder antal fejl, antal 'hjælp' brugt og tidsforbruget. Statistikteksten er holdt i simple udtryk, for at gøre den let forståelig.

Figur 5 viser hvordan dette skærmbillede ser ud.

7.4 Maskot

Maskotten, fåret Dolly, følger brugeren hele vejen gennem spillet. Fåret er primært til for at gøre det sjovt og imødekommende for børnene mens de spiller. Fåret udøver også en hjælpefunktion idet det kommer med simple forklaringer til de ting der sker på skærmen. Ligesom resten af det grafiske i spillet, er fåret ligeledes tegnet i pastelfarver, og med et let tegnefilmspræg, for at passe ind i resten af programmets stil.

Figur 5: Tillykke-skærmen der vises når en sudoku er løst

8 Teknisk beskrivelse

8.1 Programlogik

Når brugeren starter programmet aktiveres `Control`, der opretter en `JFrame` [11] eller en `JApplet`[12], alt efter hvordan programmet er blevet aktiveret. Startes programmet som applet, oprettes der en `MainApplet`-klasse, mens der oprettes en `MainWindow`-klasse hvis spillet eksekveres på normal vis.

Til vinduet tilføjes der nu spilleplade, maskot, hjælpetekst, kontrolknapper og menulinje, hvorefter "Nyt spil"-skærmen vises. Når brugeren har valgt en sværhedsgrad genereres der en sudoku, hvorefter spillepladen aktiveres og den primære programløkke initialiseres. Det er her, det væsentligste i Figur 6, der viser programmets forløb, findes.

Her tjekkes der ved hver "iteration"[13] om sudokuen er løst. Hvis det er tilfældet, vises "Tillykke"-skærmen, hvor brugeren får vist statistik og har mulighed for at starte et nyt spil.

Hvis sudokuen ikke er løst, har brugeren mulighed for at placere et tal eller bede om hjælp. Placeres der et tal på spillepladen starter "løkken" forfra, idet der igen tjekkes om sudokuen er løst.

Hvis brugeren beder om assistance i stedet for at placere et tal på pladen aktiveres hjælpefunktionen. Den starter med at tjekke om der er nogle forkert placerede tal. Hvis det er tilfældet markeres felterne med rød og maskotten fortæller brugeren, at der er noget galt. Er der ingen fejl kaldes sudokuløseren, der finder et felt, som kan løses udelukkende ved hjælp af de basale sudokuregler. Er der fejl på spillepladen vises der ikke hjælp til løsbare felter. Hvis brugeren vil have vist hjælp til løsbare felter må de fjerne de forkerte tal først. Er der i forvejen markeret et løsbart felt fjernes den gamle markering når en ny vises. Når hjælpfunktionen er færdig afventer programmet interaktion fra brugeren igen, altså uden at tjekke om sudokuen er færdig,

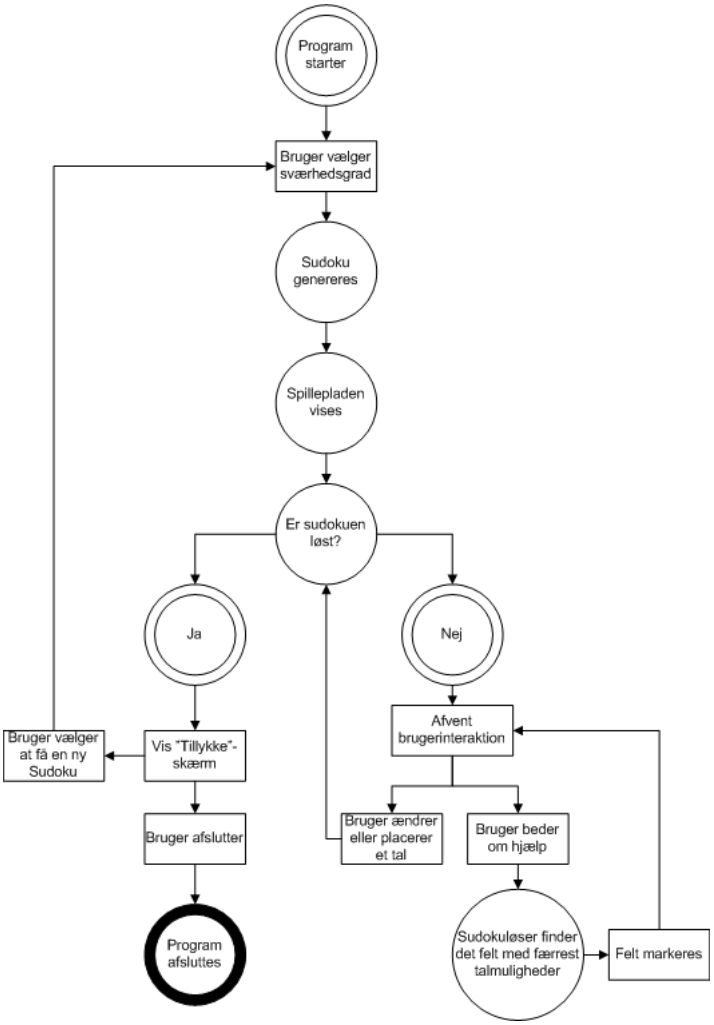
[11] En `JFrame` er hovedvinduet i en Java applikation.

[12] En `JApplet` er "hovedvinduet" i en applet, der kan vises i internetbrowsere.

[13] Der er som sådan ikke tale om iterationer, da "løkken" blot genstarter hver gang brugeren har foretaget et valg og ikke fast, som i f.eks. en `for`- eller `while`-løkke.

eftersom der ikke er ændret i spillepladen.

Når en ny sudoku skal genereres dannes der et nyt statistikobjekt og spillebrættet opdateres, dog uden at der oprettes et nyt objekt. Den grafiske repræsentation ændres også blot så den viser det nye spillebræt. Vi valgte ikke at lave nye objekter til den grafiske repræsentation, da vi alligevel havde besluttet os for ikke at bruge andre spilstørrelser end 9x9. Derfor var det nemmere blot at ændre de bagvedliggende data, uden at initialisere størstedelen af programmets objekter igen.



Figur 6: Flowdiagram over programforløb

8.2 Logik i `Control`

`Control` indeholder de primære indgangspunkter for programmet, hvadenten det startes som applet eller applikation. Desuden er der også forskellige `Actions`, der bliver sammenkædet med knapperne og menupunkterne i brugergrænsefladen.

De vigtigste `Actions` i `Control` indbefatter: `HelpAction`, der tager sig af at vise fejl på spillepladen eller starte sudokuløseren for at finde et løsbart felt, der efterfølgende markeres. `DifficultyAction`, der viser skærmen hvorfra der kan vælges et nyt spil. `DifficultyAction` tager sig også af at sørge for at der bliver genereret en ny sudoku samt at spillepladen bliver gentegnet og at statistikken bliver nulstillet. `NumberAction` viser en dialog hvorfra der kan vælges et tal at placere på spillepladen. Dialogen giver også mulighed for at fjerne og ændre tal.

8.3 Sudokuløser

Sudokuløseren består af flere dele. Den del der bliver kaldt direkte, `solveField`, som også fungerer som guide til resten af løseren, en `solverLevelOne` og `solverLevelTwo`. Hver af disse løserniveauer kan tage en løsning et niveau dybere. Den første kan kun kigge på feltet selv og finde en løsning til det ved at kigge på de felter der umiddelbart er i samme kvadrant, kolonne og række. `solverLevelTwo` vil kigge på om det givne felt er det eneste sted hvori der kan stå et tal, i forhold til rækken, kolonnen og kvadranten, hvis dette sted er det eneste bliver det returneret.

8.3.1 `solveField`

Kalder `solverLevelOne`, gemmer et resultatarray indeholdende de værdier der kom ud af den sudokuløser, det vil sige, de mulige værdier for en endelig løsning.

Derefter, hvis der kun er en mulig løsning tilbage fra `solverLevelOne` bliver dette returneret til den funktion `solveField` blev kaldt fra. Hvis ikke denne løsning er unik vil resultat arrayet blive sendt videre til `solverLevelTwo`. Resultatet herfra bliver derefter returneret.

8.3.2 `solverLevelOne`

Denne løserfunktion får inddata som et array af mulige resultater for sit eget felt, positionen af feltet på spillepladen og spillepladen selv. Den vil derefter kopiere arrayet af mulige værdier til sit eget locale array og så systematisk sætte de værdier til 0, som feltet ikke kan have som værdi. Det vil sige, tjekke de værdier feltet har som naboer i dets kvadrant, kolonne og række. Hver af disse værdier er ikke mulige løsninger og bliver derfor fjernet fra arrayet af mulige løsninger.

Når der ikke er flere felter at tjekke slutter funktionen og sender det nye array af mulige værdier tilbage.

8.3.3 `solverLevelTwo`

Løseren her er noget mere avanceret end den foregående. Den får de samme inputs, men skal bearbejde dem meget forskelligt fra den foregående metode.

Her er der allerede tjekket på den måde som `solverLevelOne` gør det for feltet selv, og de værdier er ikke inkluderet i de mulige værdier. Der bliver lavet tre kopier af dette array til brug for de tre lidt forskellige algoritmer der kommer efter. Den første algoritme tjekker alle de andre felter igennem som findes i samme række som feltet der skal løses, finder deres position en ad gangen. Derefter køres `solverLevelOne` på alle disse felter, de mulige løsninger de har bliver fjernet fra de mulige løsninger for det felt der skal løses. Hvis der herefter kun er én mulig løsning tilbage, det vil sige at det givne felt er det eneste felt i dens række som kan indeholde et bestemt tal vil det være løsningen på feltet. Dette gælder fordi der skal være præcis én af hver værdi i hver række, så hvis der ikke er andre muligheder for at det tal kan være der skal det være på den plads. Derfor vil dette tal blive returneret til `solveField`. Den næste algoritme vil tjekke kolonnen tilhørende til det enkelte felt, og så ellers gå efter samme princip som med den foregående.

Også den tredje algoritme gør det samme, dog er algoritmen for at finde start positionerne for de andre felter i samme kvadrant noget mere avanceret end dem for at finde positioner for række og kolonne felter.

Funktionen tjekker altså om der er en mulig værdi, der kun er at finde på ét felt i en række, kvadrant og kolonne, selvom alle felterne måtte have flere forskellige muligheder.

8.4 Sudokumatematik

Som hjælpeklasse til sudokuløseren oprettede vi klassen `SudokuMath`. Funktionskaldene fra denne klasse kan udfra spillets indstillinger samt Id-nummeret på et givent felt udregne række-, kolonne- og kvadrant-nummer. Derudover kan den ligeledes returnere et array med alle værdier fra den givne række, kolonne eller kvadrant. I vores færdige implementation bruger vi i programmet kun standard 9x9 sudoku, men `SudokuMath` er som de andre klasser skrevet således at hvis implementationen af sudokuer på andre størrelser (f.eks. 4x4 eller 16x16) er ønsket, vil matematikken forblive korrekt. Løseren vil således blot kunne bede om de tal eller numre den skal bruge fra `SudokuMath`, uden at bekymre sig om den egentlige størrelse af brættet.

Grunden til at vi valgte at anbringe metoderne i en klasse for sig selv, var at gøre løseren mere overskuelig at arbejde med, læse, og forstå. Matematikken er i nogen af tilfældene ikke helt så simpel. Det hjælper meget at man ved hjælp af et enkelt funktionskald kan få eksempelvis rækkenummeret

vist, istedet for at skulle indsætte udregningen hver gang den skal bruges. Derudover undgår vi ligeledes også problemet med at der indgår såkaldte "magiske tal" i løseren.

8.5 Hjælpefunktionen

Hjælpknappen er altid tilgængelig mens spillet er i gang. Når brugeren trykker på den starter hjælpefunktionen, der ser hele brættet igennem og sammenligner det med den gemte løsning. Hvis de indtastede værdier ikke stemmer overens med den korrekte løsning markeres disse felter med en rød farve. På den måde kan brugeren se hvor der er fejl, og derefter rette dem. Hvis der ikke er nogen fejl vil funktionen gå ind og få løseren til at finde et tilfældigt løsbart felt. Dette felt bliver markeret med grøn, og brugeren bliver gjort opmærksomt på at feltet der er fremhævet kun har én løsning.

Selvfølgelig er det muligt at nogen af de fremhævede felter er sværere at løse end andre, men hvis ikke vi bruger en så forholdsvis stærk algoritme, vil spillet heller ikke være udfordrende for de smarteste af brugerne. Det vil dog altid være muligt at udlede et markeret felts værdi ud fra principperne om de basale sudokuregler, samt gensidig udelukkelse[14]. Det er muligt at udnytte hjælperen, på bekostning af en dårligere statistik til slut. Det vil sige at man kan placere tilfældige tal og derefter få hjælperen til at vise alle de forkerte, så man kan fjerne de forkerte for derefter at gætte igen.

8.5.1 De fulde regler

For at få vist de fulde sudokuregler i programmet, skal menupunktet *Hjælp → Vis Sudoku-reglerne* vælges. Da vi som beskrevet i afsnit 5.3 på side 9, kun valgte at henvise til en ekstern internetside hvor reglerne er beskrevet, er vores implementation lidt speciel.

For at bevare kompatibilitet med både Linux- og Windows-platformen, bliver `http://www.sudokumester.dk/?ID=guide` overført til udklipsholderen, som brugeren derefter selv skal sætte ind i sin internetbrowser. Grunden til denne lidt snørklede metode er, at der er meget stor forskel på hvordan internetbrowsere startes på de forskellige platforme og at tage højde for alle kombinationer ville være nær umuligt.

8.6 Generator

Sudokugeneratoren bruger sudokuløseren til at generere nye sudokuer. Der startes med et udfyldt sudoku bræt der bliver vilkårligt blandet. Blandingen følger disse basale regler for, hvilke operationer man kan udføre på en sudokuplade uden at invalidere den:

[14] Gensidig udelukkelse vil sige at hvis et felt har flere mulige værdier, men nogle af værdierne kun kan placeres andetsteds i kvadranten, kolonnen eller rækken, skal de naturligvis ikke placeres på det pågældende felt.

- Man kan bytte om på "kvadrantkolonner"[15].
- Man kan bytte om på "kvadrantrækker"[16].
- Man kan bytte om på kolonner inden for kvadrantkolonner.
- Man kan bytte om på rækker inden for kvadrantrækker.

Ovenstående regler vil aldrig invalidere en sudokuplade, da der hvis de overholdes altid vil være tallene 1-9 at finde i hver kvadrant, række samt kolonne.

Derefter fjerner generatoren et tilfældigt felt på brættet og kontrollerer med løseren at det kan placeres igen ved hjælp af de resterende felter på sudokupladen. Hvis feltet ikke kan placeres sættes det tilbage og der prøves med det efterfølgende felt. Sådan fortsættes indtil et felt kan fjernes eller at der ikke kan fjernes flere felter overhovedet, hvor generatorfunktionen da vil afbryde. Hvis feltet kunne placeres igen, forbliver det fjernet fra brættet og et nyt tilfældigt felt vælges. Processen gentages indtil det ønskede antal felter, som bliver hentet fra spillets indstillinger, er fjernet eller det ikke er muligt at fjerne flere felter.

9 Funktionstest

Vi har selv opstillet en række funktionstest for at afprøve centrale dele af vores program. Funktionstestene kontrollerer at vores program producerer de forventede uddata ud fra specificeret inddata. Funktionstestene er til for at teste nogle af de centrale dele i vores program. Vi har lavet funktionstest af vores generator og vores matematikfunktioner. Alle funktionstest og deres resultater kan ses i bilaget "Testspecifikation" bagest i rapporten.

9.1 Unittest

Unittestene er lavet for at teste vigtige moduler i programmet virker som forventet. De tester blandt andet klassen `SudokuMath` som er matematikken der bruges til at finde felter på spillepladen. Der er også lavet unittest til `Helper` klassen som bruges til at give hjælp til brugeren undervejs i spillet.

Testene af matematikfunktionerne kontrollerede hvorvidt de essentielle hjælpefunktioner til at få "sudokukoordinater"[17] ud fra et Id-nummer på et felt. Endvidere blev det kontrolleret om andre hjælpefunktioner kunne returnere alle Id-numre på felter i et givent felts række, kolonne og kvadrant.

[15] En kvadrantkolonne består af en kolonne bestående af kvadranter. I en 9x9-sudoku vil det sige at kolonnerne 1-3, 4-6 og 7-9 er hhv. kvadrantkolonne 1, 2 og 3.

[16] En kvadrantrække er som en kvadrantkolonne, blot med rækker i stedet for kolonner. Deres placering i en 9x9-sudoku er de samme.

[17] Kolonnetal, rækketal og kvadranttal.

Heldigvis viste ingen af disse test fejl, da fejl ville have medført at store dele af den grundlæggende generator- og løserlogik skulle være skrevet om.

Hjælpefunktionen blev udsat for kontrol af om den var i stand til korrekt at finde ud af om felter var løsbare eller ej. En helt tom spilleplade ville derfor ikke have nogen løsbare felter, da vores sudokuløser ikke var programmeret til at gætte, mens en spilleplade hvor en af kvadranterne var fyldt ud med f.eks. otte ud af de ni gyldige tal[18] ville returnere Id-nummeret på det felt hvor det niende tal skulle stå.

Testene af hjælpefunktionen viste heller ingen fejl.

9.2 Blackbox

Da vores sudokugenerator skulle testes var der kun en umiddelbar fremgangsmåde. Fordi sudokuerne bliver genereret ved hjælp af vores egen løser, kunne denne ikke bruges til at test af sudokuernes korrekthed. Derfor måtte vi kontrollere vores genererede sudokuer ved hjælp af en anden sudokuløser som vi stolede på var korrekt. Den løser mange sudokusider henviser til, befinder sig på `http://sudoku.sourceforge.net`. Vi fik vores program til at printe sudokuer ud i et format der kunne kopieres ind i den anden sudokuløser manuelt. Vi genererede derefter et stort antal sudokuer og testede deres singularitet[19]. Vi konstaterede, at der var et antal sudokuer der ikke var singulære, men havde flere løsninger. Dette var et problem da en bruger dermed kunne løse en sudoku helt korrekt, uden at vores program anerkendte løsningen, da den ikke ville stemme overens med den, der lå gemt i programmet.

Efter at have opdaget, at der var en fejl i vores algoritme til at løse sudokuer (og derved fejl når vi genererer sudokuer) blev algoritmen rettet og testet igen. Vi testede med et større antal sudokuer end før af den sværhedsgrad, der i forrige test havde genereret flest fejl, men denne gang fandt vi ingen problemer, hvormed vi kunne opfylde vores krav om singulære, løsbare sudokuer.

10 Brugertest

Brugertestene er til for at sikre sig at programmet er imødekommende og behager brugeren, samt at det opfylder de krav der skulle være fra brugerens side. Der blev lavet tre forskellige brugertest. Den ene tester tilgængelighed, tekst, grænseflade og motivation i programmet. Den anden er en test af linuxkompatibilitet. Den trejde testede applet- og browserkompatibilitet. Alle brugertest og deres resultater kan ses i bilaget "Test specifikation" bagest i rapporten.

[18] På en 9x9-spilleplade er der altså tallene 1 til 9.

[19] At en sudoku er singulær betyder at den kun har én løsning. En singulær sudoku kaldes også "ægte".

10.1 Tilgængelighed, tekst, grænseflade og motivation

Vores program er designet til undervisningsbrug i 1. - 3. klasse. Vi har derfor testet vores program på 6 elever fra 2.B på Dronninggårdsskolen i Holte. De blev under testen overladt til dem selv uden instruktioner. Børnene blev så observeret mens de brugte programmet. Der blev taget notater undervejs og da første testrunde var afsluttet blev de diskuteret. Programmet blev rettet en smule til på baggrund af resultaterne fra første afprøvning og børnene blev bagefter præsenteret for den opdaterede udgave af programmet. Efter anden testrunde, som forløb som første, gav børnene deres feedback. Et af vores hovedpunkter i feedbacken var hvor vidt børnene kunne lide det grafiske layout. Da vi selv har tegnet det hele, for ikke at bruge noget materiale beskyttet af ophavsret, var der uvished om hvorvidt vores maskot var tiltalende for børn. Heldigvis var brugerne meget positive overfor både vores maskot, fåret Dolly, og det resterende grafiske layout, som de også fandt let at bruge.

Testnavn	Beskrivelse	Succeskriterie	Testmetode	Opnået resultat	Test opfyldt?	Kommentarer
Tilgængelighed 1	Kan forsøgspersonerne selv kunne starte et sudokuspil?	6/6 skal selv kunne starte et sudokuspil.	Observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Alle børn kunne selv med det samme finde ud af at starte et spil.
Tilgængelighed 2	Kan forsøgspersonerne selv placere tal på sudokuplacen?	6/6 skal uden ekstern hjælp kunne placere tal på sudokupladen.	Observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Alle børn kunne selv med det samme finde ud af at placere tal på sudokupladen.
Tilgængelighed 3	Kan forsøgspersonerne selv løse en valgfri sudoku uden forklaring?	5/6 skal uden ekstern hjælp kunne løse en valgfri (let, mellem eller svær) sudoku uden forklaring.	Observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Alle børnene kunne som minimum løse en let sudoku.
Tilgængelighed 4	Kan forsøgspersonerne selv afslutte programmet?	5/6 skal uden ekstern hjælp kunne afslutte programmet.	Observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Alle børnene brugte X'et i vinduets øverste højre hjørne. Ingen brugte menuen.
Tilgængelighed 5	Kan forsøgspersonerne bede om at få hjælp?	6/6 skal uden ekstern hjælp bede om at få hjælp i programmet.	Observation af forsøgspersoner.	2/6	Nej	Enkelte brugte hjælpefuntionen, men de resterende brugte fårets tekstrespons til at kontrollere deres løsning
Tilgængelighed 6	Kan forsøgspersonerne udlede hvilken værdi et felt skal have ud fra den i programmet indbyggede hjælp?	5/6 skal uden ekstern hjælp ved en let sudoku kunne udlede hvilken værdi et felt skal have.	Observation af forsøgspersoner.	0/6	Nej	Hjælpfunktionen blev brugt meget sparsomt og det markerede felt blev ikke efterfølgende løst.
Sværhedsgrad 1	Kan forsøgspersonerne uden ekstern hjælp løse en let sudoku?	6/6 skal uden ekstern hjælp kunne løse en let sudoku på 10 minutter.	Observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	
Sværhedsgrad 2	Kan forsøgspersonerne uden ekstern hjælp løse en middel sudoku?	4/6 skal uden ekstern hjælp kunne løse en mellem sudoku på 20 minutter.	Observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	

Tabel 1: Resultater fra brugertest af grænseflade og funktionalitet

Testnavn	Beskrivelse	Succeskriterie	Testmetode	Opnået resultat	Test opfyldt?	Kommentarer
Sværhedsgrad 3	Kan forsøgspersonerne uden ekstern hjælp løse en svær sudoku?	2/6 skal uden ekstern hjælp kunne løse en svær sudoku på 20 minutter.	Observation af forsøgspersoner.	2/6	Ja	Ét sted blev der samarbejdet (løsning på 16 minutter) og én pige klarede sudokuen på 20 minutter.
Grænseflade 1	Finder forsøgspersonerne grænsefladen indbydende?	5/6 skal finde grænsefladen indbydende.	Interview af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Børnene kunne godt lide grænsefladens udseende.
Motivation 1	Synes forsøgspersonerne om programmets maskot?	5/6 skal synes om programmets maskot.	Interview og observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	De synes maskotten var sød og de nød det den sagde.
Motivation 2	Finder forsøgspersonerne statistikken brugbar og/eller motiverende?	5/6 skal finde statistikken motiverende.	Interview og observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Det var et godt konkurrenceelement, plus at de kunne se om de blev bedre.
Tekst 1	Kan forsøgspersonerne forstå meningen med al teksten i programmet?	5/6 skal forstå meningen med al teksten i programmet.	Interview og observation af forsøgspersoner.	6/6	Ja	Der var ingen problemer med at forstå teksten i programmets mening.

Tabel 1: Resultater fra brugertest af grænseflade og funktionalitet

Tabel 10.1 viser alle vores testresultater fra første omgang af brugertestene. Som det kan ses var størstedelen af vores test vellykkede, og børnene gav udtryk for at størstedelen af vores program var intuitivt at bruge.

Ét punkt fejlede dog: Hjælpefunktionens udformning. Mange børn gjorde slet ikke brug af hjælpefunktionen, idet vi oprindeligt havde gjort maskotten i stand til at reagere positivt eller negativt på brugernes talvalg. Dermed var der ikke behov for børnene for at bruge hjælpefunktionen, og ej heller behov for selv at løse sudokuen, da vi var kommet til at give en genvej til hurtigt at løse sudokuspillene. Endvidere så de få der brugte hjælpefunktionen ikke ud til at forstå de med grønt markerede felters betydning. Meningen med de røde feltmarkeringer der indikerede fejl, var dog klar nok og børnene blev med det samme opmærksomme på at der var noget galt.

Efter første testsession ændrede vi maskottens opførsel, så den ikke længere reagerede positivt eller negativt på talvalg, men blot henviste til hjælpefunktionen, hvis ikke den skulle vise hjælp eller gøre brugeren opmærksom på fejl. Derudover ændrede vi teksten når hjælpen blev brugt, så det klart fremgik at det grønne felt kun havde én mulig værdi. Under anden testsession blev børnenes handlingsmønstre ændret gevaldigt, idet de ikke længere kunne udnytte fårets reaktion på deres talvalg til at afgøre om et felt var udfyldt korrekt eller ej. Børnene begyndte i stedet at bruge hjælpefunktionen til at kontrollere om de havde lavet fejl og også til at få vink til videre fremgang, hvis de sad *helt* fast i en sudoku. Dette handlingsmønster stemte mere overens med vores oprindelige intentioner, og overdreven brug af hjælpefunktionen viste sig da også på statistikoversigten. "Antal fejl" og "Antal hjælp" indgik også i børnenes individuelle opfattelse af deres præstation, samt deres naturlige sammenligning med kammeraternes løsningsstatistikker.

Sværhedsgraderne viste sig også at være passende for målgruppens faglige niveau. Alle børnene kunne løse en "Let" sudoku inden for 10 minutter. Størstedelen var også i stand til at løse sudokuer på "Mellem"-niveauet, omend det naturligvis tog lidt længere tid at løse pladerne. Den højeste sværhedsgrad udfordrede heldigvis børnene, og kun to steder blev den løst på under 20 minutter, hvormed vores intention med sværhedsgraden var indfriet.

10.2 Linuxkompabilitet

Da vi ikke havde en ordentlig Linuxmaskine i vores gruppe måtte vi låne en. Søren Houen fra Gruppe otte havde installeret Ubuntu 6.06 (kernel 2.18) på sin bærbare computer og udlånte den venligst som testcomputer til denne test.

Vi testede at følgende funktionalitet var mulig:

- Placering og fjernelse af tal på spillepladen.
- Start af sudoku med alle tre sværhedsgrader.

- Løsning af sudokuer.
- Visning af statistik.
- Brug af menu til at starte nyt spil samt afslutte programmet.
- Markering af løsbart felt vha. hjælpefunktionen.
- Markering af forkert placerede felter vha. hjælpefunktionen.

I henhold til forventningerne om bevarelse af funktionalitet på tværs af platforme ved brug af Java-platformen, blev der ikke opdaget nogen problemer i de test vi udførte.

10.3 Appletkompatibilitet

Jævnfør vores kravspecifikation, skulle vores program fungere som en Java Applet i de to internetbrowsere Internet Explorer (version 5.5 og derover) samt Mozilla Firefox (version 1.5 og derover).

Vi udførte derfor test, i stil med dem i afsnittet om Linuxkompatibilitet, der kontrollerede hvorvidt den nødvendige funktionalitet var til stede.

Også i henhold til forventningerne om bevarelse af funktionalitet ved brug som Java Applet, blev der heller ikke i denne test opdaget nogen problemer.

11 Konklusioner

Vi blev stillet en opgave om at kreere et sudokuprogram, der kunne bruges i undervisningsøjemed i folkeskolen. Målgruppen var børn i 1. - 3. klasse, dvs. i aldersgruppen 6-10 år. Sudokuprogrammet skulle være et alternativ til den nuværende anvendelse af sudoku i undervisningen, hvor børnene får udleveret og skal løse opgaverne på papir.

Denne løsning har et par ulemper, bl.a. at børnene ikke kan få hjælp undervejs medmindre der er en voksen i nærheden, der så skal til at sætte sig ind i barnets nuværende løsning. Derudover kan børnene heller ikke nemt blive gjort opmærksom på hvis de har lavet fejl. Herfra kan de blive ledt ud i en blindgyde, for til sidst måske enten at have løst sudokuen forkert eller ikke kunne komme videre. Desuden er børnene begrænset af det antal sudokuer de får udleveret i skolen. Børnene kan også have et problem med sværhedsgraden, hvis de udleverede sudokuer ikke passer til deres niveau, hvilket heller ikke er ideelt, da de mest fremmelige børn potentielt vil kede sig mens de svage børn kan komme ud for ikke at kunne løse opgaverne.

Disse problemer finder man ikke i vores sudokuprogram. Programmet tillader børnene at løse så mange sudokuer som de har lyst til, da spillepladerne bliver genereret tilfældigt. Derudover er der graduerbare sværhedhedsgrader, som gerne skulle tilbyde udfordring for de fleste brugere, og ikke kun

"standard"-brugerne. De forskellige sværhedsgrader tillader også progression, skulle børnene føle sig klar til sværere opgaver.

Derudover står børnene heller ikke over for problemet med at skulle have en voksen til stede for at kunne hjælpe dem. Programmet kan selv finde fejl og give vink om hvad det ville være hensigtsmæssigt at fortsætte med. Hjælpefunktionen i vores program sørger både for at vise fejl og vise et felt, der kan løses hvis man kender sudokureglerne.

I vores projekt har vi lagt stor vægt på - og stort arbejde i - programmets grafiske fremtoning. For at appelere til målgruppen gjorde vi stor brug af pastelfarver og store, klare grænsefladeelementer. Vi valgte også selv at kreere vores maskot for at få frihed til at bruge den hvor vi ville, uden at løbe ind i problemer med ophavsret.

Under udviklingen lagde vi stor vægt på at gøre programkoden let at udvide. Derfor valgte vi at separere programlogik, data og udseende. Vi forsøgte derudover at gøre så stor brug som muligt af abstrakte klasser og interfaces fra Java. På den måde kan man skabe en "plan" som programmets moduler kan tale sammen efter, som gør det let at tilføje ekstra funktionalitet til spillet. Implementerer nye moduler de funktioner der er påkrævet fra interfacene, burde integrering i spillet kunne ske uden nævneværdige modifikationer.

For at sikre en god oplevelse af programmet for brugerne, var et vigtigt krav for os at det var responsivt og at man ikke skulle vente på data. Dette var en af grundene til at vi valgte at gøre brug af primitive datastrukturer, da operationer på dem kan udføres hurtigt og simpelt. På den måde kan vi sørge for at der ikke er nogen mærkbar ventetid når brugeren beder om at få genereret en ny sudoku.

Det vigtige i et program der henvender sig til vores fastsatte målgruppe er, at programmet er let og intuitivt at bruge. Derudover skal brugergrænsefladen være indbydende og "venlig". Da dette ikke er noget der kan afgøres ved hjælp af funktionstest, er det meget vigtigt for programudvikling til denne målgruppe, at der bliver udført brugertest. Det er kun målgruppen der kan afgøre om programmet generelt er vellykket og ordentligt lavet.

Vores brugertest med børn viste generel tilfredshed med programmets funktionalitet og fremtoning. Hjælpefunktionen viste sig at indeholde nogle svagheder, men på baggrund af den feedback vi modtog var det ikke det store problem at rette væsentligt op på det. Samlet set var testgruppen til slut positive over for vores program og ytrede, at de "meget gerne ville bruge det [programmet] i skolen i stedet for papirerne". Dog skal programmet udvides lidt, for rigtig at kunne bruges i undervisningen.

Funktionstest kan naturligvis ikke undværes, og vi fandt da også fejl i vores generatoralgoritme. Men stillet overfor de specifikke test der fejlede, fandt vi fejlen og kunne efterfølgende ikke konstatere flere problemer i algoritmen.

Vores produkt opfylder de stillede krav, men der er stadig rig mulighed for at udvide funktionaliteten. Vi har blandt andet overvejet mulighederne for en topscoreliste. Det kunne ske ved at resultaterne gemmes i en fil på

harddisken, eller at der blev oprettet en database på en server hvor man så uploadede resultatet til. Denne server kunne eventuelt ligge på skolen selv. Listen over resultater skulle primært inkluderes for at give videre incitament til at fortsætte med at spille spillet, for - naturligvis - at kunne præge topscorerlisten. En topscorerliste ville desuden kunne modvirke tendenser til at bruge hjælpefunktionen til at gætte sig til en løsning.

I forbindelse med ovenstående overvejede vi til slut i udviklingsprocessen også at lave en pointalgoritme, der omdannede spilstatistikkerne "Antal fejl", "Antal hjælp brugt", "Sværhedsgrad" samt "Brugt tid" til en samlet pointscore, der kunne bruges som sammenligning af brugere imellem og samtidig danne basis for topscorerlisten.

Derudover ville vi i en videreudvikling af programmet også rette op på de begrænsninger[20] vi for simplicitetens skyld valgte at indføre. Specielt vigtige er punkterne om sudokureglerne samt muligheden for flere sudokustørrelser. Kombineret med en udvidelse af vores generator ville vi kunne generere sværere sudokuer, der ville kunne udvide programmets målgruppe væsentligt.

Endvidere synes vi også det kunne være godt at udvide hjælpefunktionen på flere punkter. Én mulighed ville være at vise hvilke muligheder et felt kan være. Derudover har vi tænkt på idéen om at implementere et "scratch pad", der lod brugeren skrive notater til felter om hvilke tal der er mulige at placere. En anden funktion kunne være muligheden for at lave tilbagerulninger. Med en sådan funktionalitet ville en bruger kunne gemme et "bogmærke" til en tilstand af sudokupladen, så der nemt kunne returneres til denne, hvis vedkommende fandt ud af at nuværende spor ikke var korrekt.

I retrospekt har vi haft et spændende udviklingsforløb, og er endt med et godt produkt, selvom videreudvikling naturligvis altid vil kunne finde sted. Alt i alt har vi dog fået kreeret et resultat som vi er yderst tilfredse med.

[20] Beskrevet i afsnit 5.3 på side 9

A Bilag