# Blackjack speelstrategie

## Een eenvoudig winstgevend systeem


BWI werkstuk geschreven door:

Erik Niesten
1229508
Bedrijfswiskunde & Informatica

Vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
De Boelelaan 1081a
1081 HV  Amsterdam


Juni 2006

# Voorwoord

Het BWI werkstuk is een van de laatste onderdelen van de studie Bedrijfswiskunde & Informatica. Dit werkstuk betreft een literatuur onderzoek dat raaklijnen dient te hebben met één of meer van de onderdelen Bedrijfskunde, Wiskunde en Informatica waar de studie BWI uit bestaat.

Voor het schrijven van mijn BWI werkstuk heb ik gekozen voor een onderzoek dat betrekking heeft op het gebruik van strategieën bij het spel blackjack in het casino. Aangezien ik zeer gefascineerd ben door kansspelen is dit een uitgelezen mogelijkheid voor mij om onderzoek te doen naar een casinospel waarbij strategie optimalisatie mogelijk is. Juist het spel blackjack is interessant om te onderzoeken, daar de speler hierbij met behulp van het gebruik van strategieën zijn winkans kan vergroten. In mijn onderzoek ga ik huidige strategieën bekijken en proberen met behulp van een eenvoudig telsysteem op basis van de bekende strategieën een nieuwe strategie te ontwerpen die een positieve verwachtingswaarde oplevert. Uiteraard ben ik zeer benieuwd naar de verschillen in verwachtingswaarde bij het gebruik van diverse strategieën. Ik zal derhalve een vergelijking opstellen van de resultaten die verkregen worden bij het hanteren van de door mijzelf gekozen strategieën. Bij dit onderzoek zal veel kansberekening en cijfermatig inzicht komen kijken. Hiernaast zal ik mijn ontworpen strategieën testen met behulp van een zelfgeschreven programma dat de verwachtingswaarde op lange termijn zal uitrekenen.

Graag wil ik dr Sandjai Bhulai bedanken voor zijn enthousiaste begeleiding tijdens het doen van mijn onderzoek. Vanwege onze gezamenlijke interesse in dit onderwerp heb ik dit werkstuk met heel veel plezier geschreven. Ook wil ik mijn vriendin Kristel bedanken die een grote steun voor me was tijdens het schrijven van dit werkstuk.

Hopelijk wordt mijn onderzoek naar telstrategieën een succes en wie weet wordt over enige tijd wel een 'Niesten-strategie' in casino's gebruikt of zelfs verboden.

Valkenswaard, juni 2006

E. Niesten

# Samenvatting

Al eeuwen lang vermaakt de mens zich met gokspelen. Tegenwoordig worden de meeste gokspelen gedaan in een casino. Een van de beroemdste spelen die in het casino wordt gedaan is blackjack. Dit is een kaartspel waarbij de speler tegen de bank speelt. Op eenvoudige manier omschreven is het de bedoeling met eigen kaarten een totaal te vormen dat dichter bij de 21 ligt dan het totaal van de bank, zonder dat de 21 wordt overschreden. Blackjack is voor de speler zeer interessant omdat er bij dit spel sprake is van afhankelijkheid. Kaarten die in een vorig spel op tafel zijn gekomen hebben invloed op de toekomstige winstverwachting van de speler. In dit werkstuk heb ik geprobeerd een speelstrategie te vinden die ervoor zorgt dat het uiteindelijke resultaat van de speler positief is. Oftewel, een strategie die ervoor zorgt dat de bank op de lange termijn verslagen kan worden.
Om dit te realiseren heb ik allereerst gebruik gemaakt van een algemeen bekende basisstrategie die per mogelijke situatie waar de speler zich in kan bevinden weergeeft wat op dat moment de beste keuze voor de speler is. Dit is een tabel waarin per situatie staat aangegeven of de speler op het betreffende moment het beste kan passen, een kaart kan nemen, moet verdubbelen of moet splitsen als dit mogelijk is uiteraard. Gebruik van deze basisstrategie resulteert in een verwachtingswaarde voor de speler van –0,0061.
Door het toepassen van bepaalde telstrategieën kan op de juiste momenten gekozen worden voor een verhoging van de inzet van de speler waardoor uiteindelijk een beter resultaat behaald kan worden. In mijn onderzoek ontwerp ik een telstrategie die voor de gewone mens toepasbaar is in het casino en daarmee probeer ik een zo hoog mogelijk resultaat te behalen.
In Excel heb ik een programma geschreven dat het geheel van 312 kaarten (6 decks), waar bij blackjack mee gespeeld wordt, doorloopt en het spel volgens de basisstrategie afwerkt. Tevens heb ik hier de mogelijkheid tot het invoeren van een eigen strategie aan toegevoegd. Deze strategie bestaat uit een indexstrategie en een inzetstrategie. De indexstrategie is gebaseerd op het toekennen van indexwaarden aan kaarten die geweest zijn. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen positieve en negatieve kaarten voor de speler. De inzetstrategie bevat zowel een zelf in te voeren minimale en een maximale inzet als een variabel breekpunt voor de indexwaarde waarbij de omslag van minimale naar maximale inzet plaatsvindt. Door dit programma te simuleren in Crystal Ball worden resultaten verkregen die een benadering geven van de winstverwachting van de speler op lange termijn.
De ingevoerde strategieën heb ik opgesplitst in drie niveaus: beginner, gevorderde en expert. Deze strategieën verschillen in moeilijkheidsgraad door de indexwaarde per kaartsoort aan te passen. Dit heeft als doel een hoger resultaat te vinden voor complexere strategieën. Wanneer in het casino sprake is van een inzetverhouding van 100 (maximale inzet = 100 * minimale inzet) resulteert de strategie voor een beginner in een verwachtingswaarde van 0,0022. De gevorderde strategie levert onder deze omstandigheden een resultaat van 0,0579 en de expert strategie heeft een resultaat van 0,1231.
Helaas komt een inzetverhouding van 100 zelden voor en aangezien ik op zoek ben naar een eenvoudige toepasbare strategie is mijn advies als volgt: gebruik de strategie die je naar eigen inzicht op vrij eenvoudige wijze kunt toepassen. Naar mijn mening is onderstaande strategie goed toepasbaar voor de gewone mens, daar het telwerk hiervan nog enigszins beperkt is. In de meeste casino’s is door gebruik van deze strategie een maandsalaris van € 2.360 te realiseren, wat in mijn ogen een aardig bedrag is. Wel dient de speler dan per spel € 10 in te zetten en bereid te zijn tot inzetten van € 500 per spel. Tevens komt hier gemiddeld een totale maandelijkse inzet van € 161.300 bij kijken.

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | +1 | +4 | +1 | 0 | 0 | 0 | -1 | -2 |

*Inzetstrategie (minimum inzet 1)*
Maximum inzet: 50
Breekpunt: 11

## Summary

For centuries people have enjoyed themselves playing games that involve gambling. Nowadays most of these games are played in a casino. One of the most famous games in the casino is blackjack. This is a card game in which the player competes against the house. Defined in a simple way, the goal of the game is to obtain a sum that is closer to 21 than the sum of the house without acquiring a sum that is higher than 21. Blackjack is very interesting because it is a game with dependence. Cards that have already been played are of influence on the future profit of the player. In this essay I have tried to design a strategy that will eventually provide a positive result for the player. In other words, a strategy that will beat the house in the long run.

To realize this I have first used a commonly known basic strategy that reproduces the best choice for the player in every possible situation. This is a table that shows whether a player should pass, draw a card, double or split for each situation that can occur. Use of this basic strategy results in an expectation for the player of –0.0061.

By applying certain counting strategies a specific moment to raise the bet on a game can be chosen, which can lead to a better result for the player. In my research I will construct a counting strategy that is applicable in a casino for a regular person. With this strategy I will try to achieve the highest expectation for the player.

I have written a program in Excel that will walk through all of the 312 cards in a blackjack game according to the basic strategy. At the same time I have added the possibility of using a personal strategy. This strategy consists of a betting and an index strategy. The index strategy is based on awarding index values to cards that have already been played. These indexes vary depending on the positive or negative contribution of these cards to the player. The betting strategy contains an optional minimum and maximum bet as well as a variable breakpoint. This breakpoint represents the value of the index at which the minimum bet changes to the maximum bet. Simulating this program in Crystal Ball will result in an approximation of the expectation of the player in the long run.

I have divided the strategies into three levels: beginner, advanced and expert. These strategies differ in difficulty by adjusting the index value of each card. The purpose of these adjustments is to obtain a higher expectation for complex strategies. When a casino uses a betting ratio of 100 (maximum bet = 100 * minimum bet) the beginner strategy results in an expectation of 0.0022. Under these conditions the advanced strategy leads to an expectation of 0.0579 and the expert strategy has an expectation of 0.1231.

Unfortunately this betting ratio will hardly ever occur and because I am looking for a simple applicable strategy my advice is as follows: use the strategy that you can apply without having too much trouble. In my opinion the strategy at the bottom of this page is well applicable for regular people, because of limited amount of counting. In most casinos a months pay of € 2.360 is realizable using this strategy, which seems as a nice income to me. The player does however have to bet € 10 per game and has to be willing to place a bet of € 500 per game. This also requires an average total bet of € 161.300 in one month.

*Index strategy*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | +1 | +4 | +1 | 0 | 0 | 0 | -1 | -2 |

*Betting strategy (minimum bet 1)*
Maximum bet: 50
Breakpoint: 11

# Inhoudsopgave

# 1. Inleiding

*It is common sense to take a method and try it;*
*if it fails, admit it frankly and try another.*
*But above all, try something…*
- Franklin D. Roosevelt

Al eeuwen lang vermaakt de mens zich door middel van gokspelen. Naar schatting werden ongeveer veertigduizend jaar geleden de eerste gokspelletjes gespeeld. Rond drieduizend voor Christus wordt de dobbelsteen uitgevonden en het kaartspel vindt zijn oorsprong in het China van de twaalfde eeuw. Ook in het westen won het kaartspel snel aan populariteit omdat het veel mogelijkheden bood. In het jaar 1440 ontwikkelde Johann Guttenberg het eerste standaard kaartspel met daarin 50 kaarten. Binnen enkele jaren werden de door hem bedachte spellen enorm populair. Veel van deze spellen draaien om het behalen van een bepaald puntentotaal. De eerste tekenen van blackjack zijn in die tijd dus al zichtbaar. Rond het jaar 1490 kwam in Italië het spel baccarat tot stand. Het doel in dit spel is om zo dicht mogelijk bij een totaal van 9 te komen. Ook het spel sette-e-mezzo (7 en een half) ontstaat in deze tijd in Sicilië. Dit is het eerste spel waarbij de speler 'te veel' kan halen en zijn inzet verliest door een totaal van hoger dan zeven en een half te scoren.
In de achttiende en negentiende eeuw worden er pogingen gedaan om kaartspelen aan banden te leggen door er belasting op te heffen. Uiteraard werd dit systeem op grote schaal ontdoken en vanaf dat moment was de opmars van het kaartspel niet meer te stuiten. Overal in de wereld werden verschillende kaartspelen bedacht en gespeeld, waarbij het inzetten van geld geen opmerkelijk verschijnsel was.
Aan het eind van de 19e eeuw begint het Franse kaartspel vingt-un bekend te worden. In dit spel dient men een totaal van 21 punten te behalen. Vingt-un is uiteindelijk het spel geweest dat rond 1875 de oversteek naar het Amerikaanse continent heeft gemaakt, waar het vanaf 1910 in gokhallen begon te verschijnen. Aanvankelijk was twenty-one niet echt populair in de gokhallen. Om het spel aantrekkelijker te maken werden extra bonussen uitgekeerd voor bepaalde combinaties. Een voorbeeld hiervan is een bonus van tien maal de inzet bij een kaartcombinatie van een schoppen aas en een zwarte boer (black jack). Helaas is deze bonus met de jaren verdwenen en is alleen de naam overgebleven. Wel heeft dit ertoe geleid dat de opmars van het spel blackjack vanaf het jaar 1919 niet meer te stoppen was en dat de speciaal ontworpen tafels voor dit spel niet meer aan te slepen waren.
Door alle ontwikkelingen en veranderingen in het spel zijn de meningen over het ontstaan van het spel blackjack verdeeld. Zowel de Fransen als de Spanjaarden claimen het spel te hebben ontdekt rond het jaar 1600. Maar ook de Italianen en de Amerikanen beweren de bedenkers te zijn. Niemand kan met zekerheid zeggen waar het spel is uitgevonden, maar dat er varianten van zijn die al meer dan 400 jaar gespeeld worden is een feit. Waar het spel precies vandaan komt en wanneer de definitieve benaming tot stand is gekomen zal waarschijnlijk altijd een raadsel blijven. Wat wel zeker is, is dat blackjack ondertussen één van de bekendste casinospelen ter wereld is en dat miljoenen mensen het spelletje wel eens gespeeld hebben. Gemiddeld gaat er jaarlijks in Nederland meer dan vijftig miljoen euro in om, wat de casino's over het algemeen een leuk zakcentje oplevert.

## 1.1 Probleemstelling

In mijn onderzoek wil ik dieper ingaan op het gebruik van strategieën bij het spel blackjack om op die manier een strategie te bedenken die voor de 'gewone' mens toepasbaar is in het casino. Bij deze strategie wil ik op een zo eenvoudig mogelijke manier gebruik maken van het tellen van kaarten. Met behulp van een telsysteem wil ik ervoor zorgen dat de speler op het juiste moment zijn inzet zal verhogen of juist verlagen. Dit heeft uiteindelijk als doel het realiseren van een positieve verwachtingswaarde voor de speler. Dit wil zeggen: het verslaan van de bank op de lange termijn.

## 1.2 Aanpak

Allereerst maak ik gebruik van een basisstrategie die in elke mogelijke beginsituatie weergeeft wat de beste keuze voor de speler is. Door het gebruik van deze strategie liggen alle mogelijkheden binnen het spel vast en zijn de gevolgen bepaald. Door het toekennen van waarden aan verschillende kaarten is het mogelijk te 'onthouden' welke soorten kaarten er voornamelijk zijn gevallen. Ik ga een strategie ontwerpen die aan de hand van deze toegekende waarden voor de speler bepaalt op welke momenten de inzet verhoogd of verlaagd moet worden.
Door middel van het schrijven van een programma boots ik de situatie in het casino na en pas ik mijn strategie toe. Ik maak net als in het casino gebruik van een willekeurige trekking uit 6 decks, of beter gezegd 312 kaarten. Eén spel binnen mijn programma bestaat uit het trekken van al deze 312 kaarten met als resultaat de uiteindelijke verwachtingswaarde van dat spel. Wanneer ik dit spel vaak genoeg simuleer zal er uiteindelijk een gemiddelde verwachtingswaarde per spel uitkomen. Zoals gezegd streef ik ernaar dat deze waarde positief is. Uiteraard hoort er bij de verwachtingswaarde een bepaalde mate van onzekerheid en dus een risico op het realiseren van deze verwachtingswaarde. Deze wordt weergegeven door de variantie behorende bij de verwachtingswaarde van de simulatie.

# 2. Speluitleg

*Half the game is 90% mental…*
- Yogi Berra

## 2.1 Het spel

Blackjack is erg aantrekkelijk omdat dit het enige casinospel is dat niet uitsluitend door het toeval wordt bepaald: het voordeel van het casino wordt minder naarmate u er als speler meer bedreven in bent. U kunt het spel goed of slecht spelen en naargelang u het beter beheerst, nemen uw kansen aanzienlijk toe. Blackjack spelers vinden het dan ook leuk om zélf te bepalen of ze willen kopen of passen, omdat ze weten dat bij een juiste beslissing hun kans om te winnen toeneemt. Het doel van het spel is met eigen kaarten opgeteld dichter bij de 21 te komen dan de bank. De puntentelling van de kaarten is als volgt: de 10, boer, vrouw en heer tellen als 10. De aas telt als 1 of 11, naar keuze van de speler. De andere kaarten tellen voor de waarde die op de kaart staat. In Holland casino wordt blackjack gespeeld met 6 pakken kaarten, een totaal van 312 kaarten. Dit aantal wordt ook in de rest van de wereld voornamelijk gehanteerd.
Het spel begint wanneer de croupier het aankondigt door te zeggen: “Uw inzet alstublieft”. Vervolgens kunt u, als speler (we gaan er vanuit dat de speler boxhouder is en geen medespeler), uw inzet plaatsen. Nadat is ingezet, hoort u: “Niets meer plaatsen alstublieft” en begint de croupier met het delen van de kaarten. Iedere speler krijgt aanvankelijk twee kaarten die voor iedereen zichtbaar zijn, dit wordt de ‘initial deal’ genoemd. De croupier zelf krijgt eerst maar één kaart, ook voor iedereen zichtbaar. Dan meldt de croupier per box de totale puntwaarde van de eerste twee kaarten en wordt de speler gevraagd of hij/zij nog een kaart wil kopen of dat er gepast wordt. De speler mag zoveel kaarten bij nemen als gewenst, maar wanneer het totaal hoger wordt dan 21 heeft de bank gewonnen. Indien van toepassing zal u ook worden gevraagd of u wilt ‘splitsen’ of ‘dubbelen’ (deze termen worden later uitgelegd). Nadat alle spelers aan de beurt zijn geweest, trekt de croupier een tweede kaart voor de bank. Wanneer het totaal van de bank 17 of hoger is dient zij te passen. Wanneer dit niet het geval is, dient zij kaarten te nemen totdat het totaal hoger dan of gelijk is aan 17. Ook voor de bank geldt dat het totaal niet boven de 21 mag komen.
Wanneer de eerste twee kaarten van een speler twee zevens zijn en de gekochte derde kaart (zonder te splitsen) eveneens een zeven is, dan betaalt de croupier meteen alle spelers op die box een premie ter waarde van éénmaal hun inzet uit. De drie kaarten spelen vervolgens alsnog mee in de betreffende speelronde met een normaal puntentotaal van 21, zodat deze spelers dus nogmaals kans maken op winst.
Blackjack wil zeggen: 21 punten met uw eerste twee kaarten, dus aas + kaart met waarde 10, onverschillig welke kleur. Met andere woorden: 21 punten met drie kaarten is geen blackjack. Heeft de speler een blackjack, dan betaalt de croupier hem direct anderhalf maal de inzet uit. Hierop zijn echter 2 uitzonderingen:

- Heeft de eerste kaart van de bank een waarde van 10 punten, dan wordt met betalen gewacht totdat ook de tweede kaart van de bank bekend is. (Zou dat namelijk een aas zijn, dan heeft ook de bank blackjack en eindigt het spel onbeslist.)
- Heeft de bank als eerste kaart een Aas, dan is de kans op een blackjack voor de bank relatief groot. Vandaar dat de croupier de speler in dat geval ‘even money’ zal aanbieden. Als de speler het aanbod van ‘even money’ accepteert, vermijdt hij de kans op een onbeslist einde van het spel. De speler krijgt dan niet anderhalf maar eenmaal zijn inzet uitbetaald.

## 2.2 Uitbetaling

Er zijn verschillende mogelijkheden bij blackjack:

- Is het puntenaantal van de speler boven de 21, dan meldt de croupier ‘te veel’ en verliest de speler zijn inzet. Het totaal van de bank is dan niet aan de orde.
- Is het puntenaantal van de speler 21 of minder en dat van de bank meer dan 21, dan is de winst van de speler eenmaal zijn inzet.
- Is het puntenaantal van de speler 21 of minder, maar meer dan dat van de bank, dan is de winst van de speler eenmaal zijn inzet.
- Is het puntenaantal van de speler minder dan 21 en minder dan dat van de bank (die 21 of minder heeft), dan verliest de speler zijn inzet.
- Is het puntenaantal van de speler gelijk aan dat van de bank (17 t/m 21), dan is het spel onbeslist en blijft de inzet staan (dit heet “stand-off”).
- Heeft de speler blackjack, dan ontvangt hij anderhalf maal zijn inzet, tenzij de bank óók blackjack heeft, want ook dan blijft de inzet staan.
- Heeft de bank blackjack en de speler niet, dan verliest de speler zijn inzet.
- Heeft de speler drie zevens (zonder gesplitst te hebben), dan ontvangt hij eenmaal zijn inzet en mag de speler die ronde ook nog meespelen met zijn totaal van 21.

## 2.3 Terminologie

Blackjack is een spel met een geheel eigen terminologie. Hieronder worden een aantal begrippen behandeld die voor dit spel essentieel zijn:
- soft hand / hard hand,
- dubbelen,
- splitsen,
- verzekeren,
- kaart verbranden.

*Soft hand / hard hand*
Van een ‘soft hand’ (zacht totaal) is sprake wanneer de speler een aas bezit die op dat moment voor 11 wordt geteld. Wanneer dit niet het geval is spreken we van een ‘hard hand’ (hard totaal).

*Dubbelen*
Wanneer de eerste twee kaarten op een box een totaal vormen van 9, 10 of 11 punten, dan mag de speler ‘dubbelen’. Dit wil zeggen dat de oorspronkelijke inzet verdubbeld wordt. Wanneer de speler hiervoor kiest heeft hij nog recht op slechts één extra kaart.

*Splitsen*
Zijn de eerste twee kaarten van de speler van gelijke waarde, dan mag de speler besluiten te ‘splitsen’. Er wordt dan een extra inzet ter grootte van de oorspronkelijke inzet bijgeplaatst. De oorspronkelijke inzet geldt in dat geval voor de ene kaart, terwijl de extra toegevoegde inzet nodig is voor de andere kaart.

*Verzekeren (insurance)*
Als de eerste kaart voor de bank een aas is, dan kan de speler zich ‘verzekeren’ tegen een mogelijke blackjack van de bank. Dit kan door een extra inzet op de verzekeringslijn (‘insurance’) ter waarde van de helft van de oorspronkelijke inzet. Krijgt de bank nu geen blackjack, dan verliest de speler de insurance-inzet. Krijgt de bank echter wél een blackjack, dan betaalt de croupier deze insurance-inzet dubbel uit. Insurance-inzetten zijn altijd gebaseerd op de oorspronkelijke inzet. Dus gaat de speler vervolgens dubbelen, dan kan de

insurance niet mee worden verdubbeld. Een blackjack van de speler kan niet verzekerd worden.

*Kaart verbranden*
Speelkaarten worden ‘verbrand’ als ze ten onrechte, bijvoorbeeld door een misverstand of vergissing, zijn getrokken of omdat de waarde van de kaart reeds bekend is of bekend kan zijn, bijvoorbeeld als de kaart met de beeldzijde naar boven in de slof zit (een zogenoemde ‘boxed card’). Deze kaarten worden echter niet ‘verbrand’ indien de speler of de bank de kaart moet nemen, tenzij de speler zijn inzet kan veranderen of op andere wijze nog een beslissingsmogelijkheid heeft.

# 3. Gebruikte basisstrategie

*Statistics may be defined as a body of methods for making wise decisions in the face of uncertainty…*
*- W.A. Wallis*

## 3.1 Het ontstaan

Halverwege de 20$^{e}$ eeuw verschijnt er in een Amerikaans blad een artikel dat de eerste basisstrategie voor blackjack beschrijft. Dit artikel, geschreven door vier mannen, laat zien dat door de juiste keuzes te maken het voordeel van de bank ten opzichte van de speler slechts 0,6% is. Hierdoor wordt blackjack het spel van het casino met de grootste winkans van de speler ten opzichte van de bank. Bij deze strategie wordt aan de hand van de open kaart van de bank voor elke mogelijke hand van de speler aangegeven wat de beste keuze is: passen, een kaart nemen, dubbelen of splitsen. Een hand van de speler kan bestaan uit harde of zachte totalen. Beide mogelijkheden hebben verschillende beste keuzes tot gevolg. Hieronder is de te volgen strategie weergegeven bij zowel harde als zachte totalen. In deze tabellen staan de eerste twee kaarten van de speler uitgezet tegen de eerste kaart van de bank. Harde totalen zijn te vormen tot de getallen 4 tot en met 21.

| Kaarten speler | Eerste kaart bank | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Blackjack | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 21 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 20 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 19 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 18 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 17 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 16 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| 15 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| 14 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| 13 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| 12 | K | K | K | K | K | P | P | P | K | K |
| 11 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 10 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 9 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 8 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 7 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 6 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 5 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 4 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |

*Tabel 3.1: harde totalen*

Zoals gezegd bestaan zachte totalen uit een kaartencombinatie waarbij een aas voor 11 wordt geteld. Hierdoor zijn zachte totalen te vormen tot de getallen 12 tot en met 21.

| Kaarten speler | Eerste kaart bank | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Blackjack | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 21 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 20 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 19 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 18 | K | K | K | P | P | P | P | P | P | P |
| 17 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 16 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 15 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 14 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 13 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 12 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |

*Tabel 3.2: zachte totalen*

Voor de eerder besproken mogelijkheden ‘verdubbelen’ en ‘splitsen’ gelden ook basisregels. Deze zijn hieronder in twee tabellen weergegeven. Een H voor de totale waarde van de kaarten staat voor een hard totaal, een Z staat voor een zacht totaal. Zoals gezegd kan er volgens de regels alleen verdubbeld worden wanneer de eerste twee kaarten van de speler een totaal vormen van 9, 10 of 11.

| Kaarten speler | Eerste kaart bank | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| H11 | | | D | D | D | D | D | D | D | D |
| H10 | | | D | D | D | D | D | D | D | D |
| H9 | | | | | | D | D | D | D | |

*Tabel 3.3: verdubbelen*

Splitsen is toegestaan wanneer de eerste twee kaarten van de speler hetzelfde zijn. Hieronder is te zien in welke situaties dit de beste keuze voor de speler is.

| Kaarten speler | Eerste kaart bank | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Aas | | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | S | S | | S | S | S | S | S |
| 8 | | | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 7 | | | | | S | S | S | S | S | S |
| 6 | | | | | | S | S | S | S | S |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | S | S | | | |
| 3 | | | | | S | S | S | S | S | S |
| 2 | | | | | S | S | S | S | S | S |

*Tabel 3.4: splitsen*

De tabellen 3.1, 3.2, 3.3 en 3.4 samen vormen een totale tabel voor de gehele basisstrategie. Deze staat hieronder weergegeven:

| Kaarten speler | Eerste kaart bank | | | | | | | | | | Mogelijke kaartcombinaties eerste twee kaarten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | |
| BJ | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | A 10 |
| Z20 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | A 9 |
| Z19 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | A 8 |
| Z18 | K | K | K | P | P | P | P | P | P | P | A 7 |
| Z17 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | A 6 |
| Z16 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | A 5 |
| Z15 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | A 4 |
| Z14 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | A 3 |
| Z13 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | A 2 |
| Z12: A A | K | S | S | S | S | S | S | S | S | S | A A |
| H20: 10 10 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | 10 10 |
| H19 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | 10 9 |
| H18 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | 10 8 |
| H18: 9 9 | P | P | S | S | P | S | S | S | S | S | 9 9 |
| H17 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | 10 7 = 9 8 |
| H16 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P | 10 6 = 9 7 |
| H16: 8 8 | K | K | S | S | S | S | S | S | S | S | 8 8 |
| H15 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P | 10 5 = 9 6 = 8 7 |
| H14 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P | 10 4 = 9 5 = 8 6 |
| H14: 7 7 | K | K | K | K | S | S | S | S | S | S | 7 7 |
| H13 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P | 10 3 = 9 4 = 8 5 = 7 6 |
| H12 | K | K | K | K | K | P | P | P | K | K | 10 2 = 9 3 = 8 4 = 7 5 |
| H12: 6 6 | K | K | K | K | K | S | S | S | S | S | 6 6 |
| H11 | K | K | D | D | D | D | D | D | D | D | 9 2 = 8 3 = 7 4 = 6 5 |
| H10 | K | K | D | D | D | D | D | D | D | D | 8 2 = 7 3 = 6 4 |
| H10: 5 5 | K | K | D | D | D | D | D | D | D | D | 5 5 |
| H9 | K | K | K | K | K | D | D | D | D | K | 7 2 = 6 3 = 5 4 |
| H8 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | 6 2 = 5 3 |
| H8: 4 4 | K | K | K | K | K | S | S | K | K | K | 4 4 |
| H7 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | 5 2 = 4 3 |
| H6 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | 4 2 |
| H6: 3 3 | K | K | K | K | S | S | S | S | K | K | 3 3 |
| H5 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K | 3 2 |
| H4: 2 2 | K | K | K | K | S | S | S | S | K | K | 2 2 |

*Tabel 3.5: totaal overzicht*

Voor de bovenstaande tabellen geldt het volgende:

| | |
|---|---|
| P | = Passen |
| K | = Kaart nemen |
| D | = Dubbelen |
| S | = Splitsen |

## 3.2 Statistische berekening

De tabellen zijn tot stand gekomen door in iedere mogelijke situatie te berekenen welke keuze de meeste winst (of het minste verlies) oplevert. Het tot stand komen van het resultaat van de speler is afhankelijk van de keuze die gemaakt wordt in een mogelijke volgende situatie. Ook in de volgende situatie zal zich de vraag voordoen of de speler nog een kaart dient te nemen of niet. Er moet dus als het ware vanuit een vaste situatie worden berekend wat per situatie de beste keuze is. De beste keuze in deze vaste situatie dient dus als eerste opgesteld te worden. Voor de keuzes die betrekking hebben op de harde totalen is dit de situatie dat de speler als totaal H21 heeft. In de volgende voorbeeldberekening ga ik uit van een eerste kaart voor de bank met waarde 10.
Voor het berekenen van alle waarden en keuzes wordt gebruik gemaakt van het vastgestelde totaal van 312 kaarten. Tevens is er bij de berekeningen sprake van trekkingen met teruglegging.
Uiteraard is de beste keuze op H21 passen. Een kaart nemen leidt met kans 1 tot een winst van -1. De vraag is alleen wat de verwachte winst is van een H21 van de speler tegen een 10 van de bank. Deze wordt berekend door ervan uit te gaan dat de speler past en vervolgens alle mogelijkheden op verlies of gelijkspel te bepalen. Deze mogelijkheden staan hieronder weergegeven:

| Kaart bank | Totaal bank | A | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Aantal kaarten | Mogelijk-heden | Kans | Resultaat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | BJ | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 0,0769 | -1 |
| 10 | 21 | 1 | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - | 3 | 1 | 0,0005 | 0 |
| 10 | 21 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | 4 | 0,0001 | 0 |
| 10 | 21 | - | - | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 3 | 1 | 0,0005 | 0 |
| 10 | 21 | 2 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | 4 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | 2 | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 4 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | - | 1 | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 3 | 2 | 0,0009 | 0 |
| 10 | 21 | - | 1 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | 3 | 2 | 0,0009 | 0 |
| 10 | 21 | 1 | - | - | 1 | - | 1 | - | - | - | - | 3 | 1 | 0,0005 | 0 |
| 10 | 21 | - | 2 | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 3 | 1 | 0,0005 | 0 |
| 10 | 21 | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 | - | - | 2 | 1 | 0,0059 | 0 |
| 10 | 21 | 3 | - | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | - | 3 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | 1 | 2 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 4 | 2 | 0,0001 | 0 |
| 10 | 21 | 2 | 2 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 5 | 3 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | 1 | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | 3 | 1 | 0,0005 | 0 |
| 10 | 21 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 3 | 1 | 0,0005 | 0 |
| 10 | 21 | - | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | 2 | 2 | 0,0118 | 0 |
| 10 | 21 | 2 | 1 | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 4 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | 2 | 1 | 0,0059 | 0 |
| 10 | 21 | 3 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 5 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | 4 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 6 | 1 | 0,0000 | 0 |
| 10 | 21 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 2 | 1 | 0,0059 | 0 |

*Tabel 3.6: kaartverdelingen voor som op BJ of 21 voor bank met eerste kaart 10*

Uitleg bij bovenstaande tabel:

Tabelrij 1: P(BJ) = P(aas) = 24/312 = 0,0769.
Dit is de kans op blackjack van de bank en dus verlies van de speler.

Tabelrij 2: P(aas, 3, 7) = P(3 aas 7) = $(24/312)^3$ = 0,0005.

De enige mogelijkheid voor de bank om met deze drie kaarten 21 te maken is in de exacte volgorde 3, aas, 7.
Anders is er namelijk sprake van BJ of een situatie waarin de bank al moet passen.

Tabelrij 3: P(aas, 2, 3, 5) = P(2 aas 3 5) + P(2 3 aas 5) + P(3 aas 2 5) + P(3 2 aas 5) = 4 * $(24/312)^4$ = 0,0001.
De vier kaarten aas, 2, 3 en 5 kunnen op 4 verschillende manieren 21 maken na een 10. Daarom wordt er een vermenigvuldiging van 4 gebruikt.

Hieruit volgt een kans op verlies van de speler van 0,0769 (resultaat uit tabelrij 1). De kans op een gelijkspel is de sommatie van de kansen uit tabel 3.6 die een totaal van 21 opleveren. Dit is in totaal 0,0345. Met deze gegevens is te berekenen dat de kans op winst gelijk is aan 1 – 0,0769 – 0,0345 = 0,8886.
Het resultaat is dus als volgt:
winstverwachting bij kaart nemen = k(21) = (-1)*1,0000 + (0)*0,0000 + (1)*0,0000 = -1,0000.
winstverwachting bij passen = p(21) = (-1)*0,0769 + (0)*0,0345 + (1)*0,8886 = 0,8117.
De beste keuze voor een speler met H21 tegen de bank met 10 is dus passen. De winstverwachting is dan p(21) = 0,8117.

Aan de hand van deze winstverwachting kan de beste keuze met bijbehorende winstverwachting voor H20 worden vastgesteld:
Wanneer er met H20 tegen 10 wordt gepast is de winstverwachting op soortgelijke manier te berekenen als voor H21. Dit levert voor H20 een winstverwachting op van 0,4350. Deze winstverwachting kan worden vergeleken met winstverwachting die wordt verkregen wanneer gekozen wordt om nog een kaart te nemen. De hoogste van deze waarden bepaalt uiteindelijk de te maken keuze. De winkans bij het nemen van nog een kaart wordt verkregen door de kans op alle gunstige kaarten (in dit geval alleen een aas) te vermenigvuldigen met de winstverwachting van H21 en deze op te tellen bij de kans dat de speler een 2 t/m 10 als volgende kaart krijgt maal de winstverwachting na het krijgen van die kaart (deze is -1).
Oftewel k(20) = P(aas) * p(21) + P(2 t/m 10) * -1 = -0,8607.
Het resultaat is dus als volgt:
winstverwachting bij kaart nemen = k(20) = -0,8607.
winstverwachting bij passen = p(20) = 0,4350.
De beste keuze voor een speler met H20 tegen de bank met 10 is dus passen. De winstverwachting is dan p(20) = 0,4350.

Op soortgelijke manier wordt voor alle mogelijke situaties berekend welke keuze de hoogste winstverwachting oplevert en wordt deze keuze in de basisstrategie genoteerd als beste keuze. Uiteraard zijn er situaties waarbij de winstverwachting van twee keuzes erg dicht bij elkaar liggen. Neem bijvoorbeeld het totaal H18: 9 9 van de speler. Dit wil zeggen dat de eerste twee kaarten van de speler twee negens zijn. Op het eerste gezicht lijkt het verstandig deze kaarten te splitsen. Toch blijkt dit niet altijd het geval te zijn. Tegen een aas, 10 of 7 van de bank is de beste keuze voor de speler namelijk passen. In onderstaande tabel staan voor een H18: 9 9 van de speler de verschillende winstverwachtingen van beide keuzes weergegeven tegen de mogelijke kaarten van de bank:

| | **A** | **10** | **9** | **8** | **7** | **6** | **5** | **4** | **3** | **2** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Passen** | -0,377 | -0,242 | -0,183 | 0,106 | 0,400 | 0,283 | 0,200 | 0,176 | 0,148 | 0,122 |
| **Splitsen** | -0,706 | -0,437 | -0,077 | 0,235 | 0,370 | 0,472 | 0,393 | 0,324 | 0,259 | 0,196 |

*Tabel 3.7: winstverwachtingen per keuze voor H18: 9 9 tegen elke mogelijke kaart van de bank*

Verklaring voor gevonden waarden:

A & 10: Met 18 is het moeilijk van een aas of 10 te winnen, door te splitsen verdubbel je in principe alleen je negatieve winstverwachting.

9: Wanneer de bank 9 heeft is de kans aanzienlijk dat de bank 19 maakt. Door te splitsen vergroot je je eigen kans om ook 19 te maken. De winkans wordt hierdoor niet positief maar wel minder negatief.

8: Door tegen een 8 te splitsen heb je tweemaal een goede kans om 19 te maken, wat een mogelijke 18 van de bank verslaat.

7: Hier is het verschil in winkans tussen passen en splitsen minimaal. Toch blijkt passen de betere keuze doordat het totaal van 18 een mogelijke 17 verslaat.

2 t/m 6: Tegen een lage kaart blijkt het altijd verstandig om negens te splitsen. Dit komt doordat de kans op winst met een 9 tegen een lage kaart van de bank al vrij groot is. Door de negens te splitsen verdubbel je deze winstverwachting ongeveer en wordt het resultaat dus beter.

## 3.3 Resultaat van de basisstrategie

Zoals gezegd wordt voor elke mogelijke situatie waar de speler zich in kan bevinden berekend welke keuze op dat moment de beste is. Al deze keuzes kunnen worden samengevat en leveren uiteindelijke tabel 3.5 op, het totaal overzicht van de basisstrategie.
Uiteraard is de kans dat de speler zich in een bepaalde situatie bevindt per situatie verschillend. De kans dat een speler zich bevindt in de situatie H20 tegen 10 is natuurlijk veel groter dan de kans op H8: 4 4 tegen 4. Dit komt doordat er in verhouding meer kaarten in het spel zitten met waarde 10 dan met waarde 4. Door per mogelijke situatie de kans te bepalen dat deze situatie zich voordoet is ook een totale verwachtingswaarde van de speler te berekenen. Hiervoor geldt: $E(X) = -0{,}00614$, waarbij X staat voor het resultaat van de speler bij het spelen van het spel blackjack wanneer gebruik wordt gemaakt van de basisstrategie. Dit resultaat is uiteraard op basis van de aangenomen hoeveelheid kaarten van 6 decks.

# 4. Onderzoek naar invloed van kaarten

*Het toeval begunstigt alleen voorbereide geesten…*
- Louis Pasteur (1822-1895)

## 4.1 Eerste indruk

Feit is dat van de 312 kaarten die tijdens een blackjack spel gebruikt worden, het spel van de kaarten 2 t/m 9 en aas er 24 bevat en 96 met de waarde 10. Dat wil zeggen dat de fractie tienen aan het begin van een spel 0,3077 bedraagt en de fractie van de overige kaarten in het spel elk 0,0769. Naarmate er rondjes blackjack gespeeld worden zullen deze fracties in de overgebleven stapel fluctueren. Het ligt voor de hand dat tijdens het veranderen van de bovengenoemde fracties er gedurende het spel zowel gunstige als ongunstige situaties voor de speler zullen optreden. Er zullen namelijk momenten voorkomen dat er al vrij veel kaarten zijn gevallen van een bepaalde waarde. Afhankelijk van het feit of dit gunstig of ongunstig voor de speler is, zal de winkans van de speler toe- of afnemen. Wanneer we met gezond verstand gaan kijken naar welke kaarten in de overgebleven stapel gunstig of ongunstig zouden kunnen zijn voor de speler vinden we het volgende:

- Een hoge fractie lage kaarten in de overgebleven stapel is voor de speler ongunstig omdat de bank in dat geval minder kans heeft over de 21 te gaan en dus in verhouding vaker zal winnen.
- Een hoge fractie tienen en azen in de overgebleven stapel is voor de speler gunstig omdat de kans op een blackjack (voor zowel de bank als de speler) dan toeneemt. Verhoging van de kans op een blackjack is gunstig voor de speler omdat bij blackjack van de speler (en geen blackjack van de bank) de winst van de speler 1,5 maal de inzet is. En bij blackjack van de bank (en geen blackjack van de speler) is het verlies van de speler slechts 1 maal de inzet.

## 4.2 Positieve en negatieve kaarten

Om definitief vast te stellen welke kaarten een positieve dan wel negatieve bijdrage leveren aan de winkans van de speler heb ik gebruik gemaakt van een programma dat ik verkregen heb via Prof. Dr. Ben van der Genugten van de faculteit econometrie van de Universiteit van Tilburg. In dit programma is het mogelijk in het gehele spel met 312 kaarten het aantal kaarten van een bepaalde waarde te variëren. Na het invoeren van het aantal kaarten van iedere waarde kan ik de verwachtingswaarde na het spelen van de gehele stapel berekenen. Met behulp van dit programma kan ik berekenen welke kaarten in de overgebleven stapel gunstig zijn voor de speler en welke ongunstig. Het aantal kaarten in de stapel bij aanvang van een standaard spel is in de volgende tabel weergegeven.

| Kaart | # in spel |
|---|---|
| 2 | 24 |
| 3 | 24 |
| 4 | 24 |
| 5 | 24 |
| 6 | 24 |
| 7 | 24 |
| 8 | 24 |
| 9 | 24 |
| 10 | 96 |
| A | 24 |

*Tabel 4.1: standaard spel*

Wanneer met het aantal kaarten uit tabel 4.1 wordt gespeeld en de in hoofdstuk 3 weergegeven basisstrategie wordt gehanteerd, dan is de verwachtingswaarde van de speler zoals gezegd –0,00614. Deze waarde wordt ook door het bovengenoemde programma geretourneerd wanneer de waarden uit tabel 4.1 worden ingevoerd. Dit programma is weergegeven in bijlage A.

**De invloed van het wegnemen van kaarten**
Om te bepalen hoe gunstig iedere kaart voor de speler is, neem ik stuk voor stuk van elke waarde één kaart weg. Dit wil zeggen: één kaart minder van een bepaalde waarde (23) en van de overige kaarten het originele aantal (24).
In onderstaande tabel staan de gevolgen weergegeven van het wegnemen van één kaart met een bepaalde waarde:

| Weggenomen kaart | Verandering E(X) |
|---|---|
| 2 | +0,00061 |
| 3 | +0,00074 |
| 4 | +0,00099 |
| 5 | +0,00127 |
| 6 | +0,00075 |
| 7 | +0,00039 |
| 8 | -0,00007 |
| 9 | -0,00032 |
| 10 | -0,00076 |
| A | -0,00105 |

*Tabel 4.2: verandering E(X) bij wegnemen van 1 kaart*

Uit deze tabel is te concluderen dat de 5 de meest invloedrijke ‘negatieve’ kaart is. Wanneer ik er hier één van wegneem stijgt de verwachtingswaarde van de speler met 0,00127. De aas daarentegen is de meest invloedrijke ‘positieve’ kaart. Wanneer ik er hier één van wegneem daalt de verwachtingswaarde van de speler met 0,00105.
Grof gezegd leveren de kaarten 2 t/m 7 een negatieve bijdrage aan de verwachtingswaarde en de kaarten 8 t/m aas een positieve bijdrage. Oftewel de volgende stellingen lijken te gelden:

- Een hoge fractie lage kaarten (2 t/m 7) in de overgebleven stapel is ongunstig voor de speler.
- Een hoge fractie hoge kaarten (8 t/m aas) in de overgebleven stapel is gunstig voor de speler.

Dit bevestigt mijn verwachtingen aan het begin van dit hoofdstuk.

Na het wegnemen van alleen de eerste kaart van iedere waarde heb ik onderzocht of deze trend zich doorzet. Oftewel: heeft het wegnemen van elke volgende kaart van een bepaalde waarde een soortgelijke invloed op de verwachtingswaarde?
Ik heb dit onderzocht door van iedere kaart er steeds één extra weg te nemen, tot een maximum van de helft van het totale aantal kaarten in het spel van die waarde. Extremere situaties zullen namelijk zelden voorkomen en aan de hand van deze bepalingen kunnen duidelijke conclusies getrokken worden over de gevolgen van het wegnemen van elke kaart. Van de overige kaarten hanteer ik het originele aantal in een spel. De resultaten hiervan zijn per kaartwaarde weergegeven in tabelvorm in bijlage B.

De resultaten uit deze tabellen kunnen worden samengevoegd tot het volgende totaaloverzicht met daarin de gemiddelde verandering van de uiteindelijke verwachtingswaarde per weggenomen kaart:

| Weggenomen kaarten | Gem. verandering E(X) |
|---|---|
| 2 | +0.00063 |
| 3 | +0.00077 |
| 4 | +0.00099 |
| 5 | +0.00131 |
| 6 | +0.00079 |
| 7 | +0.00051 |
| 8 | -0.00004 |
| 9 | -0.00029 |
| 10 | -0.00055 |
| A | -0.00100 |

*Tabel 4.3: gemiddelde verandering E(X) per weggenomen kaart*

Uit bovenstaande tabel kunnen we voor het wegnemen van elke soort kaart het volgende concluderen:

2 t/m 7: Voor het wegnemen van één van deze kaarten geldt dat de verwachtingswaarde van de speler stijgt en dat ook zal blijven doen bij continuering van het wegnemen van deze kaarten.

8: Het wegnemen van een acht zorgt ervoor dat de verwachtingswaarde van de speler minimaal zal dalen. De verandering in verwachtingswaarde zal zelfs langzaamaan iets toenemen en is daardoor te verwaarlozen.

9: Voor het wegnemen van een negen geldt dat de verwachtingswaarde van de speler iets zal dalen. Toch is de verandering in verwachtingswaarde niet groot genoeg om veel invloed op het uiteindelijke resultaat te hebben.

10: Het wegnemen van vier tienen levert vooral in het begin een grote daling van de verwachtingswaarde van de speler. De invloed van het wegnemen van tienen levert een aanzienlijke verandering van de verwachtingswaarde op. (Ik heb hier gekozen voor het wegnemen van vier tienen per berekening zodat het percentage overgebleven kaarten gelijk blijft ten opzichte van de andere berekeningen.)

Aas: Tenslotte geldt voor het wegnemen van een aas dat de verwachtingswaarde flink daalt. Ook het continueren van het wegnemen van azen heeft een grote negatieve invloed op de verwachtingswaarde van de speler.

Voor het ontwerpen van de uiteindelijke strategie moet dus rekening gehouden worden met een stijging van de verwachtingswaarde van de speler wanneer één van de kaarten 2 t/m 7 is gevallen en met een daling van de verwachtingswaarde van de speler wanneer een 9, een 10 of een aas is gevallen. Van deze gegevens kan gebruik gemaakt worden gedurende het werkelijke spel.

# 5. De eigen strategie

*What would life be if we had no courage to attempt anything?*
- Vincent Van Gogh

Mijn strategie zal bestaan uit de volgende twee onderdelen:

- De indexstrategie
- De inzetstrategie

**De indexstrategie**
Door positieve ofwel negatieve waarden toe te kennen aan de kaarten die op tafel zijn gekomen kan een indicatie verkregen worden van de fractie lage of hoge kaarten in de overgebleven stapel. Op deze manier kan op eenvoudige wijze onthouden worden of er tot een bepaald moment veel lage of juist veel hoge kaarten zijn geweest. Dit betekent dus ook dat op deze manier bepaald kan worden of er nog veel lage of hoge kaarten in de overgebleven stapel zitten en of er dus sprake is van een gunstige of juist ongunstige situatie voor de speler. Zonder dat er rekening gehouden dient te worden met welke kaarten er precies geweest zijn tot op dat moment kan dus worden vastgesteld hoe gunstig de situatie van de speler op een bepaald moment is.
De werkelijke indexstrategie kan op de volgende manier worden beschreven:
Voordat het spel begint neemt men in het hoofd een startwaarde 0. Vanaf deze waarde begint de speler kaarten te 'tellen'. De speler telt bij iedere getoonde kaart met een positieve bijdrage aan de verwachtingswaarde een punt (of meer) bij dit aantal op en trekt bij iedere getoonde kaart met een negatieve bijdrage aan de verwachtingswaarde een punt (of meer) van dit aantal af. Uiteraard is zelf vast te stellen voor welke kaarten punten worden opgeteld of afgetrokken. Belangrijk bij deze strategie is dat wanneer de gehele stapel is gespeeld, men weer eindigt op 0. Oftewel de plus- en de minpunten die aan de kaarten worden toegekend moeten elkaar uiteindelijk opheffen, zodat de waarde 0 een soort evenwichtssituatie weergeeft. Tijdens het spel heeft de speler dus steeds een waarde in zijn hoofd. Deze waarde geeft indirect weer of de winkans van de speler is gestegen of gedaald. Wanneer deze waarde een bepaalde grens bereikt kan de speler zijn inzet verhogen of verlagen om er op die manier voordeel uit te halen.

**De inzetstrategie**
Naast de indexstrategie wordt er ook gebruik gemaakt van vaste regels voor het bepalen van de inzet. De inzet die de speler bij aanvang van iedere ronde doet is afhankelijk van de indexwaarde die de speler op dat moment in zijn hoofd heeft. Grofweg is de inzetstrategie als volgt te definiëren: wanneer de waarde van de index boven een bepaald getal uitkomt zet de speler het maximale bedrag in, anders het minimale bedrag. De waarde die gehanteerd wordt als moment voor verandering van inzet is zelf te bepalen en noem ik het breekpunt.
Doordat ik rekening wil houden met de kansverschillen per getoonde kaart die optreden aan het begin en het eind van het spel maak ik ook gebruik van een deelfactor voor de indexwaarde. Deze deelfactor is gelijk aan het aantal decks dat op het betreffende moment nog in de totale stapel zit. Deze factor neemt dus gedurende het spel af van 6 tot 1. Op deze manier speel ik in op de vergroting van de winkans van de speler naarmate het spel vordert.

Wanneer nu gebruik gemaakt gaat worden van alleen de basisstrategie is er dus sprake van een indexstrategie met voor alle kaarten die zijn geweest een bijdrage van 0. Er hoeft nu geen indexwaarde te worden onthouden, want er wordt alleen gespeeld aan de hand van de basisstrategie. De indexwaarde zal dus altijd 0 blijven wat tot gevolg heeft dat er geen inzetstrategie wordt gebruikt. Dit wil zeggen dat er altijd gespeeld wordt met een gelijke inzet. Op een overzichtelijke manier kan de eigen strategie nu als volgt worden weergegeven:

**Basisstrategie**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Inzetstrategie (minimum inzet 1)*
Maximum inzet: n.v.t
Breekpunt: n.v.t.

Wanneer een strategie gebruikt gaat worden is voor iedere soort kaart een positieve of negatieve waarde in te vullen. Tevens zal de maximale inzet en een breekpunt gekozen worden waarvoor het beste resultaat verkregen wordt.

# 6. Het programma

*To avoid criticism do nothing, say nothing, be nothing…*
- Elbert Hubbard

## 6.1 Ontwikkeling in Excel

Voor het berekenen van de uiteindelijke verwachtingswaarden van de verschillende strategieën heb ik een programma in Excel geschreven waarbij de inzetstrategie en de toegekende waarden per kaart kunnen worden gevarieerd.
In dit programma worden allereerst de 312 kaarten in willekeurige volgorde weergegeven. Dit gebeurt door alle mogelijke kaartwaarden in een kolom te zetten. Naast iedere waarde wordt een random getal gezet. Vervolgens worden de random getallen van hoog naar laag gesorteerd, waardoor de bijbehorende kaartwaarden in willekeurige volgorde komen te staan. Nu wordt uit dit 'geschudde' spel kaarten de bovenste waarde de eerste kaart. Deze is voor de speler. Ook de tweede kaart is voor de speler. De derde kaart is voor de bank. De eerste twee kaarten van de speler worden gesommeerd. Samen met de kaart van de bank levert dit een bepaalde kaartencombinatie. Bij iedere mogelijke kaartencombinatie hoort een beste keuze (passen, kaart nemen, splitsen of dubbelen) die in de basisstrategie is vastgelegd. De kaartcombinatie wordt 'opgezocht' in de toegevoegde tabel van de basisstrategie en de bijbehorende beste keuze wordt geretourneerd. Deze toegevoegde tabel van de basisstrategie is een uitgebreide vorm van de eerder weergegeven basisstrategie in hoofdstuk 3. De tabel bevat namelijk alle mogelijke kaartcombinaties die de speler kan hebben. Wanneer de beste keuze voor de speler nog een kaart nemen is, is de vierde kaart voor de speler. Wanneer de beste keuze voor de speler splitsen is, heb ik ervoor gekozen de tweede kaart van de speler te verwijderen en door te spelen met alleen de eerste kaart. Wel wordt op dit moment de inzet verdubbeld omdat hier met één rijtje wordt gespeeld terwijl er bij splitsen met twee rijtjes wordt verder gegaan. Wanneer de beste keuze voor de speler verdubbelen is, heb ik ervoor gezorgd dat de inzet wordt verdubbeld en de speler nog slechts een kaart bij kan krijgen, en daarna dus zal passen. Steeds opnieuw wordt na het nemen van een kaart de nieuwe kaartcombinatie opgezocht in de tabel van de basisstrategie en wordt de bijbehorende beste keuze geretourneerd. Pas als de geretourneerde beste keuze voor de speler passen is, dan is de volgende kaart voor de bank. Daarna wordt aan de hand van een ingevoerde formule bepaald of de bank nog een kaart krijgt. Deze formule bevat de volgende afweging: is de som van de kaarten van de bank kleiner dan 17, dan wordt geretourneerd dat er nog een kaart genomen moet worden, anders wordt geretourneerd dat er door de bank wordt gepast. Wanneer ook de bank heeft gepast, wordt bepaald wie het spel heeft gewonnen, de speler of de bank. Het resultaat van de speler in die ronde wordt in een aparte kolom weergegeven. Dit is een positieve of negatieve waarde die de winst van de speler uitdrukt. Bij de weergave van deze winst is met alle mogelijke veranderingen van inzet en uitbetaling rekening gehouden. Nu is in principe het eerste rondje afgerond en is de eerstvolgende kaart weer de eerste kaart voor de speler. De kaart die daarop volgt is de tweede kaart van de speler en de daarop volgende kaart is weer de eerst kaart van de bank. Opnieuw wordt de kaartcombinatie opgezocht in de tabel van de basisstrategie en wordt de beste keuze voor de speler geretourneerd. Op deze manier wordt doorgegaan tot alle 312 kaarten aan de beurt zijn geweest. Na het spelen van een geheel spel wordt het resultaat uitgerekend en in een aparte cel geretourneerd. Voor de duidelijkheid heb ik van al deze gebeurtenissen een overzichtelijk sheet gemaakt waarin het spelverloop duidelijk zichtbaar is. Een deel van deze sheet is te zien in de volgende figuur:

| Kaartnr | Inzet | Speler | | | | Bank | | | Som Speler | Som Bank | Dubbel/Splitsen | Winst/Verlies |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | |
| 2 | | 3 | 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | 3 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| 4 | | 3 | 2 | 3 | | 3 | | | | | | |
| 5 | | 3 | 2 | 3 | 9 | 3 | | | | | | |
| 6 | | 3 | 2 | 3 | 9 | 3 | 10 | | | | | |
| 7 | | 3 | 2 | 3 | 9 | 3 | 10 | 7 | 17 | 20 | | -1 |
| 8 | 1 | A | | | | | | | | | | |
| 9 | | A | 10 | | | | | | | | | |
| 10 | | A | 10 | | | 7 | | | | | | |
| 11 | | A | 10 | | | 7 | A | | BJ | 18 | | 1.5 |
| 12 | 1 | 3 | | | | | | | | | | |
| 13 | | 3 | 7 | | | | | | | | | |
| 14 | | 3 | 7 | | | 5 | | | | | | |
| 15 | | 3 | 7 | 9 | | 5 | | | | | | |
| 16 | | 3 | 7 | 9 | | 5 | 10 | | | | | |
| 17 | | 3 | 7 | 9 | | 5 | 10 | 10 | 19 | 25 | Verdubbeld | 2 |
| 18 | 1 | 6 | | | | | | | | | | |
| 19 | | 6 | 2 | | | | | | | | | |
| 20 | | 6 | 2 | | | 2 | | | | | | |
| 21 | | 6 | 2 | 9 | | 2 | | | | | | |
| 22 | | 6 | 2 | 9 | | 2 | 10 | | | | | |
| 23 | | 6 | 2 | 9 | | 2 | 10 | 10 | 17 | 22 | | 1 |
| 24 | 1 | 10 | | | | | | | | | | |
| 25 | | 10 | 10 | | | | | | | | | |
| 26 | | 10 | 10 | | | 10 | | | | | | |
| 27 | | 10 | 10 | | | 10 | 10 | | | | | 0 |

*Figuur 6.1: het spelverloop in mijn Excel programma*

Zoals te zien is in bovenstaand voorbeeld zijn de eerste twee kaarten van de speler een 3 en een 2. De bank ontvangt een 3. Voor H5 tegen 3 retourneert de basisstrategie *nog een kaart nemen*. Dit is wederom een 3. Nu heeft de speler H8 tegen 3 en wederom geeft de basisstrategie *nog een kaart nemen*. Dit is een 9. De speler heeft nu H17 tegen 3. De basisstrategie retourneert *passen*. De bank krijgt vervolgens een 10 en maakt in totaal 13. Er moet dus nog een kaart worden genomen, dit is een 7. De bank heeft 20 en moet passen. Met 17 tegen 20 heeft de speler het eerste spel verloren en is het resultaat in de laatste kolom dus –1. Het tweede spel wordt vervolgens gewonnen met een blackjack voor de speler tegen 18 van de bank. Dit levert een winst van 1,5 op voor de speler. Het derde spel wordt na verdubbeling van de speler (doordat de eerste kaarten H10 tegen 5 opleveren) gewonnen met 19 tegen 25 van de bank. De winst voor de speler is dus 2. Op deze manier worden alle 312 kaarten van het spel doorlopen en wordt het totale resultaat berekend.
Met behulp van een teller naast iedere kaart wordt op een sheet met berekeningen de indexwaarde van het spel bijgehouden.

In het programma kunnen de te volgen indexstrategie en inzetstrategie worden ingevuld. Afhankelijk van de ingevulde indexstrategie wordt tijdens het doorlopen van het programma de inzet op bepaalde momenten automatisch veranderd. In figuur 6.1 is deze inzet iedere keer 1 omdat er nog geen breekpunt is bereikt. In figuur 6.2 staat het tabblad met de in te voeren strategieën weergegeven. De donkere cellen zijn zelf in te voeren. Dit zijn de waarden voor de indexstrategie, de minimale en maximale inzet en het breekpunt waarop deze inzet zal omslaan.

**Resultaten**

| | |
|---|---|
| Aantal keer gespeeld: | 53 |
| Totaal resultaat: | 5 |
| Resultaat per spel: | 0,09 |

**Index Strategie**

| Kaart | Index |
|---|---|
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 1 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |
| A | -1 |

**Inzet Strategie**

| | |
|---|---|
| Minimum inzet: | 1 |
| Maximum inzet: | 50 |
| Breekpunt: | 6 |

*Figuur 6.2: tabblad met in te voeren strategieën in mijn Excel programma*

## 6.2 Crystal Ball

Om ervoor te zorgen dat er een uiteindelijke verwachtingswaarde voor de speler berekend kan worden is het noodzakelijk dat het spel meerdere malen doorlopen wordt. Met behulp van de Excel uitbreiding Crystal Ball is mijn programma tot duizenden keren te simuleren en is te bepalen wat de resultaten voor de speler zijn op de lange termijn. Door tijdens deze simulaties gebruik te maken van de mogelijkheid waarbij voor iedere run dezelfde randomwaarden worden gebruikt zijn de resultaten die verkregen worden goed met elkaar te vergelijken. De invloed van een verandering in strategie is hierdoor duidelijk te zien en er kan gezocht worden naar de strategie die het beste resultaat retourneert.
De verschillende sheets van het gehele programma staan weergegeven in bijlage C.

## 7. Ingevoerde strategieën

*Figures don't lie, liars figure…*
- Mark Twain

Voor iedere gekozen strategie reken ik de verwachtingswaarde uit met behulp van mijn programma beschreven in hoofdstuk 6. Uiteraard zijn er heel veel mogelijke strategieën in te voeren. Ik heb ervoor gekozen de strategieën weer te geven die afhankelijk van de moeilijkheidsgraad van gebruik de beste resultaten opleverden. De strategieën zijn opgedeeld in drie niveaus: beginner, gevorderde en expert. Allereerst de meeste eenvoudige strategie, die voor een beginner.

**Strategie 1: 'Beginner'**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | +1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 |

*Inzetstrategie*
Maximum inzet: variabel
Breekpunt: te bepalen

Strategie 1 is eigenlijk opgesteld om te zien wat het resultaat kan worden bij minimaal gebruik van een strategie. Aangezien de 5 de meest ongunstige kaart is voor de speler en de aas de meest gunstige heb ik voor een zeer eenvoudige strategie gekozen waarbij deze twee kaarten tegenover elkaar staan.

**Strategie 2: 'Gevorderde A'**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | +1 | +3 | +1 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 |

*Inzetstrategie*
Maximum inzet: variabel
Breekpunt: te bepalen

Strategie 2 is een strategie voor mensen die enige routine hebben op het gebied van het spelen van blackjack. De drie meest ongunstige kaarten worden als het ware uitgezet tegen de twee meest gunstige kaarten. De negatieve invloed van de 5 wordt extra benadrukt door deze een indexwaarde van +3 te geven.

**Strategie 3: 'Gevorderde B'**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | +1 | +4 | +1 | 0 | 0 | 0 | -1 | -2 |

*Inzetstrategie*
Maximum inzet: variabel
Breekpunt: te bepalen

Strategie 3 is in principe een combinatie van strategie 1 en 2. Het bijhouden van de indexwaarde wordt al een stuk complexer, maar is nog steeds te doen voor iemand met ervaring op het gebied van blackjack en strategiegebruik.

**Strategie 4: 'Expert'**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| +1 | +1 | +3 | +9 | +3 | +1 | +1 | -1 | -4 | -2 |

*Inzetstrategie*
Maximum inzet: variabel
Breekpunt: te bepalen

Strategie 4 is min of meer een onderzoekje geweest naar een acceptabele strategie die tot een zo hoog mogelijk resultaat leidt. Uiteraard dienen de indexwaarden nog enigszins hanteerbaar te zijn omdat het een toepasbare strategie dient te betreffen. Daarom heb ik voor gehele indexwaarden gekozen die niet in de dubbele cijfers treden.

Naarmate een speler meer ervaring heeft met het gebruik van een strategie kan gekozen worden een hoger niveau toe te passen, wat uiteraard tot een beter resultaat moet gaan leiden. De resultaten die verkregen zijn bij het gebruik van de verschillende strategieën staan in het volgende hoofdstuk weergegeven.

# 8. Resultaten

*There is no such thing as failure, only results,*
*with some more successful than others…*
- Jeff Keller Attitude is Everything, Inc.

Uit de simulatie in Crystal Ball is gebleken dat het hoogst haalbare resultaat per strategie afhangt van de verhouding tussen de minimale en de maximale inzet. Hoe groter deze verhouding, des te hoger is het haalbare resultaat. Dit wordt al duidelijk bij gebruik van de eerste strategie (de beginnerstrategie). De meest gebruikelijke verhoudingen tussen minimale en maximale inzet zijn 20 en 50. Ook de verhouding 100 komt wel eens voor, maar dit is slechts zelden het geval. Toch heb ik deze verhouding meegenomen in mijn berekeningen om te onderzoeken wat een mogelijk haalbaar resultaat kan zijn. Ter illustratie staan hieronder de resultaten van de beginnerstrategie weergegeven voor de verhoudingen 20, 50 en 100. Per berekening ga ik uit van een minimale inzet van 1. De maximale inzet varieer ik, afhankelijk van de verhouding die ik wil gebruiken. Het doel is uiteraard het hoogste resultaat per strategie te krijgen bij elk van de drie verhoudingen. Om dit te vinden varieer ik de in te voeren waarde voor het breekpunt. Op deze manier vind ik het meest gunstige omslagpunt waarop over gegaan dient te worden van minimum naar maximum inzet. De resultaten van de verschillende strategieën staan hieronder weergegeven. Bij de beginnerstrategie is weergegeven hoe het optimale breekpunt wordt vastgesteld. Uiteraard levert de basisstrategie maar één resultaat aangezien de maximum inzet en het breekpunt hier geen invloed hebben.
Voor het berekenen van de resultaten heb ik gebruik gemaakt van 1.000 simulaties in Crystal Ball. Dit levert betrouwbare resultaten op en neemt niet enorm veel tijd in beslag.

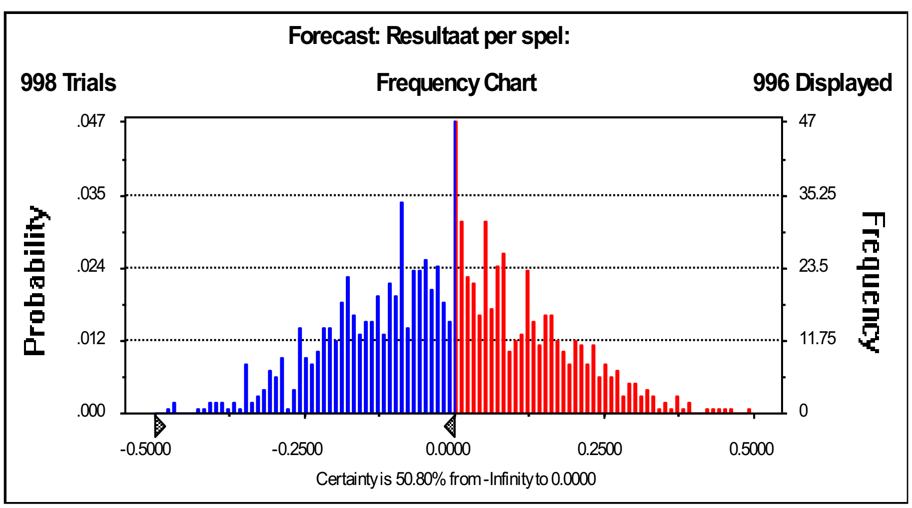
**Basisstrategie**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Inzetstrategie (minimum inzet 1)*
Maximum inzet: n.v.t.
Breekpunt: n.v.t.

De figuur behorende bij de simulatie van de basisstrategie ziet er als volgt uit:




*Figuur 8.1: resultaten simulatie basisstrategie*

De verwachtingswaarde die verkregen wordt is –0,0100. Dit sluit vrij goed aan bij de werkelijke verwachtingswaarde van –0,0061 die in hoofdstuk 3 is gegeven. Wel is er voor de verwachtingswaarde sprake van een variantie van 0,0237. Dit betekent dat het risico van wat de speler loopt vrij groot is.

**Strategie 1: 'Beginner'**

*Indexstrategie*

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | +1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 |

*Inzetstrategie (minimum inzet 1)*

| Maximum inzet | 20 | 50 | 100 |
|---|---|---|---|
| Breekpunt = 4 | -0,0093 | -0,0079 | -0,0021 |
| Breekpunt = 5 | -0,0084 | -0,0057 | 0,0004 |
| Breekpunt = 6 | -0,0077 | -0,0040 | 0,0022 |
| Breekpunt = 7 | -0,0090 | -0,0072 | -0,0017 |
| Breekpunt = 8 | -0,0093 | -0,0080 | -0,0060 |
| Breekpunt = 9 | -0,0100 | -0,0100 | -0,0100 |

Opvallend is dat een breekpunt van 9 dezelfde resultaten levert als de basisstrategie, dit komt doordat dit breekpunt nooit bereikt wordt. De indexwaarde blijft dus gedurende de gehele simulatie lager dan 9. Dit is vrij logisch, aangezien een indexwaarde van 9 erg moeilijk realiseerbaar is bij het toekennen van alleen +1 bij een kaart met waarde 5 en –1 bij een aas. Uit de resultaten blijkt dus dat voor de beginnerstrategie de beste resultaten worden behaald wanneer het breekpunt gelijk is aan 6. Aangezien ik op zoek ben naar de hoogst haalbare resultaten ga ik uit van een verhouding tussen de minimale en maximale inzet van 100. Bij een maximale inzet van 100 en breekpunt 6 is het hoogst haalbare resultaat voor de beginnerstrategie 0,0022. De gemiddelde inzet die hierbij gebruikt wordt is gelijk aan 1,0718. Voor de verwachtingswaarde geldt alleen een variantie van 0,2313. De zekerheid dat er daadwerkelijk een positief resultaat behaald wordt is dus niet erg groot. Voor de percentielen geldt het volgende:

| Percentiel | Waarde |
|---|---|
| 2,5% | -0,3529 |
| 5,0% | -0,2885 |
| 50,0% | -0,0094 |
| 95,0% | 0,2736 |
| 97,5% | 0,3393 |

Hieruit blijkt dat 95% van de gevallen tussen de –0,3529 en 0,3393 ligt, wat een vrij groot bereik is. De grens van 50% ligt op –0,0094. Dit is lager dan de gemiddelde waarde van 0,0022. Dit hogere gemiddelde wordt veroorzaakt door op het juiste moment de hogere inzet te plaatsen. Oftewel de inzetstrategie zorgt ervoor dat het resultaat positief wordt.

Op een soortgelijke manier worden voor de gekozen strategieën de verwachtingswaarden en gemiddelde inzetten bepaald.

De optimale resultaten voor een inzetverhouding van 20 worden per strategie in de volgende tabel weergegeven:

| | Verwachtingswaarde | Gemiddelde inzet |
|---|---|---|
| Basisstrategie | -0,0100 | 1,0000 |
| Beginner | -0,0077 | 1,0101 |
| Gevorderde A | -0,0006 | 1,2141 |
| Gevorderde B | 0,0030 | 1,2377 |
| Expert | 0,0155 | 1,4741 |

*Tabel 8.1: verwachtingswaarden met gemiddelde inzet bij inzetverhouding 20*

Voor de verschillende strategieën gelden bij een inzetverhouding van 50 de volgende resultaten:

| | Verwachtingswaarde | Gemiddelde inzet |
|---|---|---|
| Basisstrategie | -0,0100 | 1,0000 |
| Beginner | -0,0040 | 1,0261 |
| Gevorderde A | 0,0143 | 1,5521 |
| Gevorderde B | 0,0236 | 1,6130 |
| Expert | 0,0559 | 2,2227 |

*Tabel 8.2: verwachtingswaarden met gemiddelde inzet bij inzetverhouding 50*

Tot slot de resultaten bij een inzetverhouding van 100. Deze zijn bepaald voor het vaststellen van mogelijke haalbare resultaten:

| | Verwachtingswaarde | Gemiddelde inzet |
|---|---|---|
| Basisstrategie | -0,0100 | 1,0000 |
| Beginner | 0,0022 | 1,0528 |
| Gevorderde A | 0,0392 | 2,1154 |
| Gevorderde B | 0,0579 | 2,2386 |
| Expert | 0,1231 | 3,4704 |

*Tabel 8.3: verwachtingswaarden met gemiddelde inzet bij inzetverhouding 100*

Uit de tabellen wordt gauw duidelijk dat zowel de complexiteit van de strategie als de hoogte van de inzetverhouding grote invloed hebben op de haalbare resultaten. Tevens neemt de gemiddelde inzet toe wanneer er sprake is van een hogere inzetverhouding. Dit is logisch omdat de maximale inzet een stuk hoger ligt. Ook de variantie van de verwachtingswaarde is voor alle simulaties vrij groot. Dit duidt op een grote onzekerheid in eindresultaat en dus een groot risico voor de speler. Het vaststellen van de beste strategiekeuze wordt gedaan in het volgende hoofdstuk.

## 9. Conclusies

*What is now proved was once only imagin'd…*
- The Marriage of Heaven and Hell, 1790

In het voorgaande hoofdstuk is duidelijk te zien dat de speler door de moeilijkheidsgraad van de te hanteren strategie te kiezen in principe zelf kan bepalen hoe hoog het te behalen resultaat gaat worden. Uit de resultaten is te concluderen dat het wel degelijk mogelijk is om de bank op eenvoudige wijze op de lange termijn te verslaan. Wanneer de speler niet veel ervaring heeft met het spel blackjack adviseer ik gebruik van de beginnerstrategie. Dit levert in het gunstigste geval een resultaat op van 0,0022. Wanneer de speler een niveau hoger kan gaan spelen is in veel casino's een resultaat van 0,0236 te behalen en als de juiste tafel is gevonden (eentje met een inzetverhouding van 100) kan zelfs een resultaat van 0,0579 gerealiseerd worden. Dit gebeurt aan de hand van strategie 3: gevorderde B. Mocht de speler het niveau van de expert bereiken, wat niet voor iedereen is weggelegd dan kan een resultaat van 0,1231 behaald worden. Binnen de simulaties die ik heb gedaan is dit het maximaal haalbare resultaat. Aangezien ik op zoek ben naar een toepasbare strategie heb ik er met opzet voor gekozen om geen onderzoek te doen naar ingewikkeldere strategieën. Hier gaat wederom erg veel tijd in zitten en valt niet binnen de grenzen van mijn onderzoek.

**Blackjack als baan?**
Wat houden deze cijfers nu concreet in? Wat kan het gebruik van deze strategieën nu in de praktijk opleveren?
Wanneer ik ervan uit ga dat een spelletje blackjack gemiddeld 1 minuut duurt (wat zeker haalbaar is, vooral als er niet heel veel mensen aan de tafel zitten) en dat een gemiddelde werkweek uit 40 uur bestaat, dan is het mogelijk om in het casino ongeveer 10.000 spelletjes blackjack te spelen per maand.
Een beginnende blackjack speler die met een minimum inzet van € 10 en een maximum inzet van € 1.000 speelt heeft dan een inkomen van 10.000 * € 10 * 0,0022 = € 220 per maand.
Een gevorderde blackjack speler die gevorderde strategie A toepast en van dezelfde inzetten gebruik maakt heeft al een inkomen van 10.000 * € 10 * 0,0392 = € 3.920 per maand.
Een gevorderde blackjack speler met strategie B zelfs € 5.790 per maand en een expert gaat gemiddeld met € 12.310 per maand naar huis.
Het betreft hier uiteraard gemiddelde waarden en deze cijfers zijn gebaseerd op een inzetverhouding van 100 die zoals gezegd zelden voorkomt.

Mijn advies: gebruik de strategie die je naar eigen inzicht op vrij eenvoudige wijze kunt toepassen. Het moet niet al te veel concentratie eisen van de speler omdat dit zichtbaar kan zijn voor omstanders.
In mijn ogen is de gevorderde strategie B goed toepasbaar voor de gewone mens, daar het telwerk hiervan nog enigszins beperkt is. In de meeste casino's is door gebruik van deze strategie een maandsalaris van € 2.360 te behalen, wat in mijn ogen een aardig bedrag is. Dit is gebaseerd op een inzetverhouding van 50. Om dit te kunnen realiseren moet de speler wel bereid zijn tot het plaatsen van een inzet van € 500 per spel. Gelukkig voor de speler is dit slechts het geval voor 1 op de 80 spellen. De overige 79 speelt de speler met een inzet van € 10.
De totale inzet van deze speler in een maand bedraagt bij gebruik van deze strategie wel 10.000 * € 10 * 1,6130 = € 161.300. Een flinke bankrekening is hiervoor dus wel nodig.

**Waarom niet?**
Hieronder staan een achttal redenen waarom er zo weinig mensen zijn die gebruik maken van een systeem zoals besproken in dit werkstuk:

- Casinospelen zullen altijd gezien worden als gokspelen. Dit wordt vaak geassocieerd met gokverslaving. Mensen die claimen geld te verdienen in het casino worden vaak afgeschilderd als gokverslaafden en krijgen een slechte naam.
- Het beheersen van de basisstrategie kost vrij veel tijd en moeite. Tevens garandeert gebruik van alleen de basisstrategie niet eens een positief resultaat.
- Het toepassen van indexstrategieën zoals hiervoor staan beschreven vereist routine en uiterste concentratie. Veel mensen hebben de tijd of interesse niet zich dit eigen te maken.
- Hoge inzetverhoudingen (> 50) komen zelden voor. Meer en meer draait het in het casino om gezelligheid en worden regels aangepast. Dit veroorzaakt lagere inzetverhoudingen in de casino's.
- Pas wanneer een speler een redelijk saldo op zijn bank heeft staan kan hij de risico's van het gebruik van een telstrategie aan. Zoals gezegd wordt bij een vrij eenvoudige strategie al maandelijks € 161.300 ingezet. Dit soort bedragen veroorzaken bij veel mensen desinteresse in het systeem.
- Het casino heeft het recht om iedereen te weigeren. Wanneer een speler dus systematisch met winst naar buiten gaat mag het casino de volgende dag deze speler weigeren.
- Wanneer het casino er achter komt dat een speler aan kaarten tellen doet wordt deze speler hoogstwaarschijnlijk direct verwijderd en is hij vervolgens niet meer welkom. De kans is groot dat deze speler ook niet meer welkom is in andere casino's.
- Niet één telstrategie geeft 100% zekerheid. Er zullen altijd risico's vastzitten aan het gebruik van een systeem in het casino.

**Waarom wel?**
Zoals in dit verslag is aangetoond is er op de lange termijn wel degelijk een positief resultaat te behalen met blackjack en is de bank dus te verslaan. Zoals gezegd vereist dit wel veel concentratie, toewijding, geduld en een flinke bankrekening.
Maar wie wil er aan het eind van de avond nu niet met winst naar huis gaan?

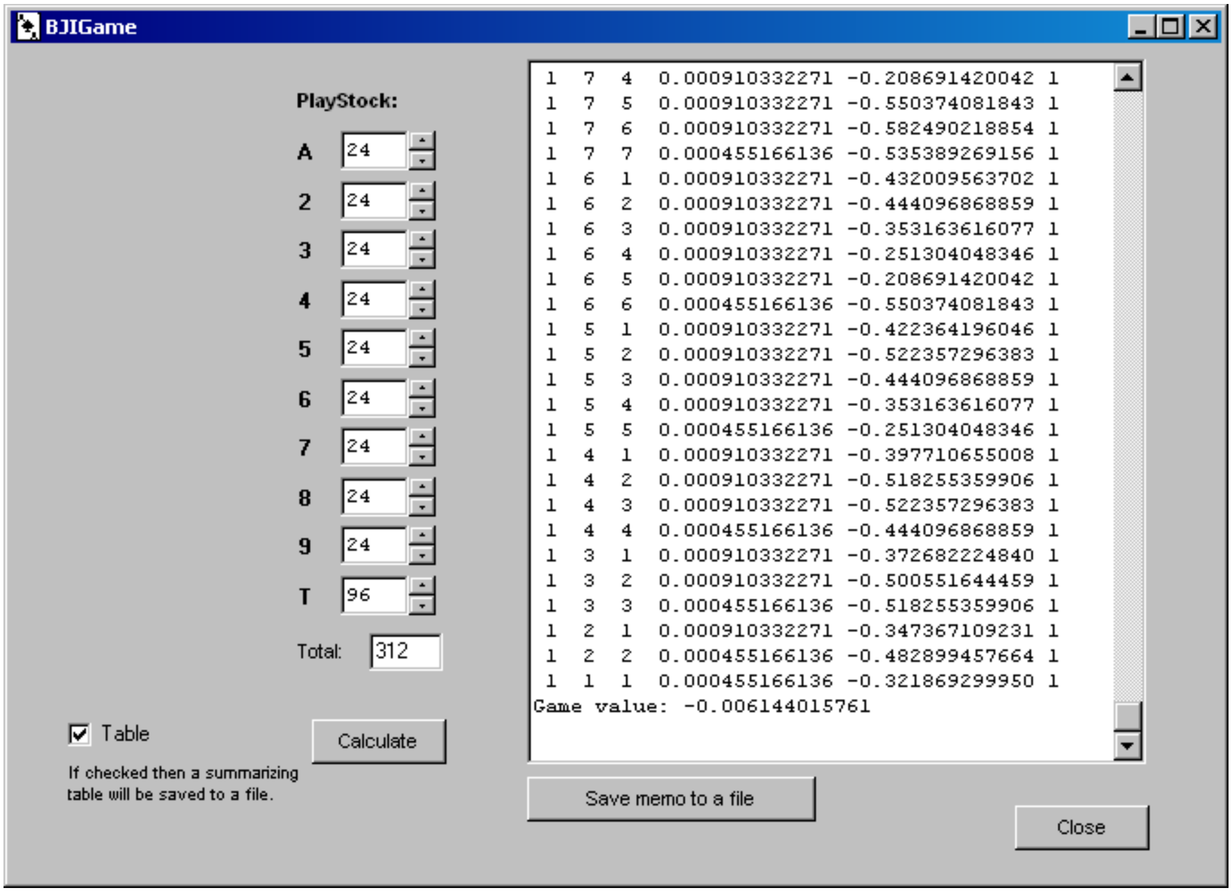
## 10. Bijlagen

A: Het blackjack programma van Prof. Dr. Ben van der Genugten. Gebruikt voor het bepalen van de invloed van het wegnemen van bepaalde soorten kaarten.
Tevens zijn de verwachtingswaarden van alle mogelijke situatie weergegeven met de uiteindelijke winstverwachting van de speler bij gebruik van de basisstrategie.

B: Verandering in verwachtingswaarde bij het wegnemen van een kaart uit het spel. (B.1 t/m B.10)

C: Weergave van de verschillende sheets van het door mijzelf ontworpen Excel programma, gesimuleerd in Crystal Ball.

## A: Gebruikte programma van Prof. Dr. Ben van der Genugten




**Verwachtingswaarden van alle mogelijke situaties met winstverwachting van de basisstrategie:**

DECISION TABLE & EXPECTED GAINS
(Decisions: 0=Stand 1=Draw 2=DoubleDown 3=Split)

PlayStock:312 24 24 24 24 24 24 24 24 24 96

INSURANCE
Decision: No - Opt: 0.000 - Dif: 0.038

SPLITTING

| | | Dealer: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A A | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Opt | -0.322 | 0.609 | 0.658 | 0.707 | 0.757 | 0.817 | 0.633 | 0.507 | 0.368 | 0.119 |
| | Dif | 0.176 | 0.528 | 0.554 | 0.581 | 0.600 | 0.631 | 0.468 | 0.412 | 0.368 | 0.260 |
| 2 2 | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.483 | -0.084 | -0.015 | 0.060 | 0.153 | 0.225 | 0.007 | -0.159 | -0.241 | -0.344 |
| | Dif | 0.414 | 0.031 | 0.067 | 0.109 | 0.165 | 0.214 | 0.096 | 0.015 | 0.124 | 0.257 |
| 3 3 | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.518 | -0.138 | -0.056 | 0.031 | 0.125 | 0.195 | -0.052 | -0.217 | -0.293 | -0.389 |
| | Dif | 0.413 | 0.003 | 0.051 | 0.103 | 0.160 | 0.208 | 0.099 | 0.012 | 0.123 | 0.255 |
| 4 4 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.444 | -0.022 | 0.008 | 0.039 | 0.076 | 0.140 | 0.082 | -0.060 | -0.210 | -0.307 |
| | Dif | 0.522 | 0.145 | 0.099 | 0.050 | 0.005 | 0.025 | 0.212 | 0.227 | 0.256 | 0.381 |
| 5 5 | Dec | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Opt | -0.251 | 0.359 | 0.409 | 0.461 | 0.513 | 0.576 | 0.392 | 0.287 | 0.144 | -0.054 |
| | Dif | 0.750 | 0.552 | 0.526 | 0.497 | 0.461 | 0.464 | 0.584 | 0.631 | 0.663 | 0.679 |
| 6 6 | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.550 | -0.212 | -0.124 | -0.031 | 0.066 | 0.132 | -0.213 | -0.272 | -0.340 | -0.429 |
| | Dif | 0.486 | 0.041 | 0.110 | 0.180 | 0.233 | 0.286 | 0.044 | 0.131 | 0.230 | 0.349 |
| 7 7 | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.612 | -0.131 | -0.048 | 0.040 | 0.131 | 0.232 | -0.049 | -0.372 | -0.431 | -0.507 |
| | Dif | 0.432 | 0.162 | 0.204 | 0.251 | 0.298 | 0.386 | 0.273 | 0.017 | 0.125 | 0.236 |
| 777 | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.535 | -0.131 | -0.048 | 0.040 | 0.131 | 0.232 | -0.049 | -0.295 | -0.354 | -0.430 |
| | Dif | 0.509 | 0.085 | 0.127 | 0.174 | 0.221 | 0.309 | 0.196 | 0.094 | 0.202 | 0.312 |
| 8 8 | Dec | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| | Opt | -0.666 | 0.076 | 0.149 | 0.223 | 0.300 | 0.413 | 0.325 | -0.020 | -0.387 | -0.575 |
| | Dif | 0.222 | 0.369 | 0.401 | 0.434 | 0.467 | 0.566 | 0.740 | 0.438 | 0.123 | 0.039 |
| 9 9 | Dec | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| | Opt | -0.377 | 0.196 | 0.259 | 0.324 | 0.393 | 0.472 | 0.400 | 0.235 | -0.077 | -0.242 |
| | Dif | 0.329 | 0.074 | 0.111 | 0.148 | 0.194 | 0.189 | 0.030 | 0.129 | 0.106 | 0.195 |
| T T | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | 0.146 | 0.640 | 0.650 | 0.661 | 0.670 | 0.704 | 0.773 | 0.792 | 0.758 | 0.435 |
| | Dif | 0.649 | 0.275 | 0.238 | 0.200 | 0.158 | 0.128 | 0.259 | 0.396 | 0.525 | 0.542 |

DOUBLE DOWN

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H 9 | Dec | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.353 | 0.074 | 0.121 | 0.182 | 0.243 | 0.317 | 0.172 | 0.098 | -0.052 | -0.218 |
| | Dif | 0.562 | 0.013 | 0.020 | 0.053 | 0.085 | 0.121 | 0.068 | 0.125 | 0.249 | 0.367 |
| H10 | Dec | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | Opt | -0.251 | 0.359 | 0.409 | 0.461 | 0.513 | 0.576 | 0.392 | 0.287 | 0.144 | -0.054 |
| | Dif | 0.374 | 0.176 | 0.203 | 0.230 | 0.256 | 0.288 | 0.136 | 0.089 | 0.028 | 0.108 |
| H11 | Dec | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | Opt | -0.209 | 0.471 | 0.518 | 0.566 | 0.615 | 0.667 | 0.463 | 0.351 | 0.228 | 0.033 |
| | Dif | 0.331 | 0.232 | 0.257 | 0.283 | 0.307 | 0.334 | 0.171 | 0.121 | 0.070 | 0.021 |
| S19 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | -0.115 | 0.386 | 0.404 | 0.423 | 0.440 | 0.496 | 0.616 | 0.594 | 0.288 | -0.019 |
| | Dif | 0.800 | 0.325 | 0.284 | 0.241 | 0.196 | 0.179 | 0.512 | 0.620 | 0.589 | 0.566 |
| S20 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | 0.146 | 0.640 | 0.650 | 0.661 | 0.670 | 0.704 | 0.773 | 0.792 | 0.758 | 0.435 |
| | Dif | 0.771 | 0.281 | 0.241 | 0.200 | 0.158 | 0.128 | 0.381 | 0.505 | 0.614 | 0.597 |

DRAW/STAND

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H 3 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.465 | -0.101 | -0.069 | -0.036 | 0.000 | 0.024 | -0.057 | -0.131 | -0.215 | -0.322 |
| | Dif | 0.304 | 0.192 | 0.183 | 0.175 | 0.167 | 0.178 | 0.418 | 0.380 | 0.328 | 0.254 |
| H 4 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.483 | -0.115 | -0.083 | -0.049 | -0.012 | 0.011 | -0.088 | -0.159 | -0.241 | -0.344 |
| | Dif | 0.287 | 0.178 | 0.170 | 0.162 | 0.155 | 0.165 | 0.387 | 0.351 | 0.302 | 0.232 |
| H 5 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.501 | -0.128 | -0.095 | -0.061 | -0.024 | -0.001 | -0.119 | -0.188 | -0.267 | -0.366 |
| | Dif | 0.269 | 0.165 | 0.157 | 0.150 | 0.143 | 0.153 | 0.356 | 0.322 | 0.277 | 0.210 |
| H 6 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.518 | -0.141 | -0.107 | -0.073 | -0.035 | -0.013 | -0.152 | -0.217 | -0.293 | -0.389 |
| | Dif | 0.251 | 0.152 | 0.145 | 0.138 | 0.132 | 0.141 | 0.323 | 0.293 | 0.251 | 0.187 |
| H 7 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.522 | -0.109 | -0.077 | -0.043 | -0.007 | 0.029 | -0.069 | -0.211 | -0.285 | -0.371 |
| | Dif | 0.247 | 0.184 | 0.176 | 0.168 | 0.160 | 0.183 | 0.407 | 0.300 | 0.258 | 0.204 |
| H 8 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.444 | -0.022 | 0.008 | 0.039 | 0.071 | 0.115 | 0.082 | -0.060 | -0.210 | -0.307 |
| | Dif | 0.325 | 0.271 | 0.260 | 0.250 | 0.238 | 0.269 | 0.558 | 0.451 | 0.333 | 0.269 |
| H 9 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.353 | 0.074 | 0.101 | 0.129 | 0.158 | 0.196 | 0.172 | 0.098 | -0.052 | -0.218 |
| | Dif | 0.416 | 0.367 | 0.354 | 0.340 | 0.325 | 0.350 | 0.647 | 0.609 | 0.491 | 0.358 |
| H10 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.251 | 0.182 | 0.206 | 0.230 | 0.256 | 0.288 | 0.257 | 0.198 | 0.117 | -0.054 |
| | Dif | 0.518 | 0.475 | 0.458 | 0.442 | 0.423 | 0.441 | 0.732 | 0.708 | 0.660 | 0.522 |
| H11 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.209 | 0.238 | 0.260 | 0.283 | 0.307 | 0.334 | 0.292 | 0.230 | 0.158 | 0.033 |
| | Dif | 0.561 | 0.531 | 0.513 | 0.494 | 0.475 | 0.487 | 0.768 | 0.740 | 0.701 | 0.609 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H12 | Dec | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.550 | -0.253 | -0.234 | -0.211 | -0.167 | -0.154 | -0.213 | -0.272 | -0.340 | -0.429 |
| | Dif | 0.219 | 0.039 | 0.019 | 0.002 | 0.026 | 0.017 | 0.263 | 0.239 | 0.203 | 0.147 |
| H13 | Dec | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.582 | -0.293 | -0.252 | -0.211 | -0.167 | -0.154 | -0.269 | -0.324 | -0.387 | -0.469 |
| | Dif | 0.187 | 0.015 | 0.039 | 0.063 | 0.090 | 0.082 | 0.206 | 0.187 | 0.156 | 0.106 |
| H14 | Dec | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.612 | -0.293 | -0.252 | -0.211 | -0.167 | -0.154 | -0.321 | -0.372 | -0.431 | -0.507 |
| | Dif | 0.157 | 0.069 | 0.096 | 0.124 | 0.154 | 0.147 | 0.154 | 0.139 | 0.112 | 0.068 |
| 777 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.535 | -0.216 | -0.175 | -0.134 | -0.090 | -0.077 | -0.244 | -0.295 | -0.354 | -0.430 |
| | Dif | 0.234 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 0.231 | 0.216 | 0.189 | 0.145 |
| H15 | Dec | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.640 | -0.293 | -0.252 | -0.211 | -0.167 | -0.154 | -0.370 | -0.417 | -0.472 | -0.543 |
| | Dif | 0.129 | 0.124 | 0.154 | 0.185 | 0.218 | 0.212 | 0.106 | 0.094 | 0.072 | 0.033 |
| H16 | Dec | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.666 | -0.293 | -0.252 | -0.211 | -0.167 | -0.154 | -0.415 | -0.458 | -0.509 | -0.575 |
| | Dif | 0.104 | 0.178 | 0.212 | 0.245 | 0.282 | 0.277 | 0.061 | 0.052 | 0.034 | 0.001 |
| H17 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | -0.639 | -0.153 | -0.117 | -0.081 | -0.045 | 0.012 | -0.107 | -0.382 | -0.423 | -0.464 |
| | Dif | 0.055 | 0.383 | 0.414 | 0.446 | 0.478 | 0.520 | 0.377 | 0.124 | 0.131 | 0.152 |
| H18 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | -0.377 | 0.122 | 0.148 | 0.176 | 0.200 | 0.283 | 0.400 | 0.106 | -0.183 | -0.242 |
| | Dif | 0.364 | 0.744 | 0.768 | 0.793 | 0.815 | 0.891 | 0.991 | 0.697 | 0.433 | 0.433 |
| H19 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | -0.115 | 0.386 | 0.404 | 0.423 | 0.440 | 0.496 | 0.616 | 0.594 | 0.288 | -0.019 |
| | Dif | 0.694 | 1.115 | 1.132 | 1.150 | 1.166 | 1.219 | 1.331 | 1.308 | 1.003 | 0.732 |
| H20 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | 0.146 | 0.640 | 0.650 | 0.661 | 0.670 | 0.704 | 0.773 | 0.792 | 0.758 | 0.435 |
| | Dif | 1.044 | 1.495 | 1.505 | 1.516 | 1.525 | 1.558 | 1.625 | 1.643 | 1.609 | 1.296 |
| S12 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.322 | 0.082 | 0.104 | 0.127 | 0.156 | 0.186 | 0.165 | 0.095 | 0.000 | -0.142 |
| | Dif | 0.448 | 0.375 | 0.356 | 0.338 | 0.324 | 0.340 | 0.641 | 0.606 | 0.543 | 0.434 |
| S13 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.347 | 0.047 | 0.074 | 0.102 | 0.133 | 0.162 | 0.122 | 0.054 | -0.038 | -0.174 |
| | Dif | 0.422 | 0.339 | 0.326 | 0.314 | 0.301 | 0.315 | 0.598 | 0.565 | 0.505 | 0.402 |
| S14 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.373 | 0.022 | 0.051 | 0.080 | 0.112 | 0.139 | 0.080 | 0.013 | -0.075 | -0.206 |
| | Dif | 0.397 | 0.315 | 0.303 | 0.291 | 0.279 | 0.293 | 0.555 | 0.524 | 0.468 | 0.370 |
| S15 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.398 | -0.000 | 0.029 | 0.059 | 0.092 | 0.118 | 0.037 | -0.027 | -0.112 | -0.237 |
| | Dif | 0.372 | 0.293 | 0.281 | 0.270 | 0.259 | 0.272 | 0.512 | 0.483 | 0.431 | 0.339 |
| S16 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.422 | -0.021 | 0.009 | 0.040 | 0.073 | 0.099 | -0.005 | -0.067 | -0.149 | -0.268 |
| | Dif | 0.347 | 0.272 | 0.261 | 0.251 | 0.241 | 0.253 | 0.470 | 0.444 | 0.395 | 0.307 |
| S17 | Dec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.432 | -0.000 | 0.029 | 0.059 | 0.091 | 0.128 | 0.054 | -0.073 | -0.150 | -0.259 |
| | Dif | 0.207 | 0.152 | 0.146 | 0.140 | 0.136 | 0.116 | 0.161 | 0.309 | 0.273 | 0.206 |
| S18 | Dec | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | Opt | -0.372 | 0.122 | 0.148 | 0.176 | 0.200 | 0.283 | 0.400 | 0.106 | -0.101 | -0.210 |
| | Dif | 0.005 | 0.059 | 0.058 | 0.057 | 0.052 | 0.093 | 0.229 | 0.066 | 0.082 | 0.032 |
| S19 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | -0.115 | 0.386 | 0.404 | 0.423 | 0.440 | 0.496 | 0.616 | 0.594 | 0.288 | -0.019 |
| | Dif | 0.196 | 0.262 | 0.255 | 0.248 | 0.237 | 0.256 | 0.395 | 0.442 | 0.280 | 0.140 |
| S20 | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Opt | 0.146 | 0.640 | 0.650 | 0.661 | 0.670 | 0.704 | 0.773 | 0.792 | 0.758 | 0.435 |
| | Dif | 0.397 | 0.457 | 0.444 | 0.431 | 0.414 | 0.416 | 0.516 | 0.594 | 0.642 | 0.489 |

GAIN FOR SUM=21

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BJ | 1.038 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.385 |
| NoBJ | 0.331 | 0.882 | 0.885 | 0.889 | 0.892 | 0.903 | 0.926 | 0.931 | 0.939 | 0.812 |

GAME VALUE: -0.006144

### B.1: De verandering van E(X) per weggenomen twee

| # tweeën | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0055 | +0.00061 |
| 22 | -0.0049 | +0.00063 |
| 21 | -0.0043 | +0.00063 |
| 20 | -0.0036 | +0.00063 |
| 19 | -0.0030 | +0.00064 |
| 18 | -0.0024 | +0.00064 |
| 17 | -0.0017 | +0.00064 |
| 16 | -0.0011 | +0.00064 |
| 15 | -0.0004 | +0.00064 |
| 14 | +0.0002 | +0.00064 |
| 13 | +0.0008 | +0.00064 |
| 12 | +0.0015 | +0.00064 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een twee is: +0,00063.

### B.2: De verandering van E(X) per weggenomen drie

| # drieën | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0054 | +0.00074 |
| 22 | -0.0047 | +0.00076 |
| 21 | -0.0039 | +0.00076 |
| 20 | -0.0031 | +0.00076 |
| 19 | -0.0024 | +0.00076 |
| 18 | -0.0016 | +0.00076 |
| 17 | -0.0008 | +0.00077 |
| 16 | -0.0001 | +0.00077 |
| 15 | 0.0007 | +0.00077 |
| 14 | 0.0015 | +0.00077 |
| 13 | 0.0023 | +0.00078 |
| 12 | 0.0030 | +0.00079 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een drie is: +0,00077.

### B.3: De verandering van E(X) per weggenomen vier

| # vieren | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0052 | +0.00099 |
| 22 | -0.0042 | +0.00100 |
| 21 | -0.0032 | +0.00100 |
| 20 | -0.0022 | +0.00100 |
| 19 | -0.0012 | +0.00099 |
| 18 | -0.0002 | +0.00099 |
| 17 | 0.0008 | +0.00098 |
| 16 | 0.0018 | +0.00098 |
| 15 | 0.0028 | +0.00098 |
| 14 | 0.0038 | +0.00100 |
| 13 | 0.0048 | +0.00102 |
| 12 | 0.0058 | +0.00101 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een vier is: +0,00099.

### B.4: De verandering van E(X) per weggenomen vijf

| # vijven | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0049 | +0.00127 |
| 22 | -0.0036 | +0.00129 |
| 21 | -0.0023 | +0.00129 |
| 20 | -0.0010 | +0.00129 |
| 19 | 0.0003 | +0.00129 |
| 18 | 0.0016 | +0.00129 |
| 17 | 0.0029 | +0.00130 |
| 16 | 0.0042 | +0.00130 |
| 15 | 0.0055 | +0.00136 |
| 14 | 0.0069 | +0.00136 |
| 13 | 0.0083 | +0.00136 |
| 12 | 0.0096 | +0.00136 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een vijf is: +0,00131.

### B.5: De verandering van E(X) per weggenomen zes

| # zessen | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0054 | +0.00075 |
| 22 | -0.0046 | +0.00075 |
| 21 | -0.0039 | +0.00075 |
| 20 | -0.0031 | +0.00075 |
| 19 | -0.0024 | +0.00075 |
| 18 | -0.0016 | +0.00076 |
| 17 | -0.0009 | +0.00076 |
| 16 | -0.0001 | +0.00079 |
| 15 | 0.0007 | +0.00079 |
| 14 | 0.0015 | +0.00080 |
| 13 | 0.0024 | +0.00087 |
| 12 | 0.0033 | +0.00094 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een zes is: +0,00079.

### B.6: De verandering van E(X) per weggenomen zeven

| # zevens | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0058 | +0.00039 |
| 22 | -0.0053 | +0.00042 |
| 21 | -0.0049 | +0.00043 |
| 20 | -0.0045 | +0.00043 |
| 19 | -0.0040 | +0.00044 |
| 18 | -0.0036 | +0.00046 |
| 17 | -0.0031 | +0.00047 |
| 16 | -0.0026 | +0.00049 |
| 15 | -0.0021 | +0.00050 |
| 14 | -0.0016 | +0.00050 |
| 13 | -0.0009 | +0.00071 |
| 12 | -0.0001 | +0.00082 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een zeven is: +0,00051.

### B.7: De verandering van E(X) per weggenomen acht

| # achten | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0062 | -0.00007 |
| 22 | -0.0063 | -0.00007 |
| 21 | -0.0064 | -0.00007 |
| 20 | -0.0064 | -0.00006 |
| 19 | -0.0065 | -0.00006 |
| 18 | -0.0065 | -0.00005 |
| 17 | -0.0065 | -0.00002 |
| 16 | -0.0066 | -0.00002 |
| 15 | -0.0066 | -0.00001 |
| 14 | -0.0066 | -0.00001 |
| 13 | -0.0066 | -0.00000 |
| 12 | -0.0066 | -0.00000 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een acht is: -0,00004.

### B.8: De verandering van E(X) per weggenomen negen

| # negens | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0065 | -0.00032 |
| 22 | -0.0068 | -0.00032 |
| 21 | -0.0071 | -0.00032 |
| 20 | -0.0074 | -0.00032 |
| 19 | -0.0077 | -0.00032 |
| 18 | -0.0081 | -0.00033 |
| 17 | -0.0084 | -0.00031 |
| 16 | -0.0087 | -0.00029 |
| 15 | -0.0090 | -0.00028 |
| 14 | -0.0092 | -0.00028 |
| 13 | -0.0095 | -0.00024 |
| 12 | -0.0097 | -0.00021 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een negen is: -0,00029.

### B.9: De verandering van E(X) per vier weggenomen tienen

| # tienen | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 96 | -0.0061 | - |
| 92 | -0.0092 | -0.00302 |
| 88 | -0.0120 | -0.00288 |
| 84 | -0.0149 | -0.00289 |
| 80 | -0.0179 | -0.00300 |
| 76 | -0.0208 | -0.00286 |
| 72 | -0.0235 | -0.00268 |
| 68 | -0.0261 | -0.00258 |
| 64 | -0.0283 | -0.00220 |
| 60 | -0.0302 | -0.00192 |
| 56 | -0.0317 | -0.00156 |
| 52 | -0.0326 | -0.00090 |
| 48 | -0.0327 | -0.00006 |

De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van vier tienen is: -0,00221.
Per weggenomen tien levert dit een gemiddelde verandering van E(X) van: -0,00055.

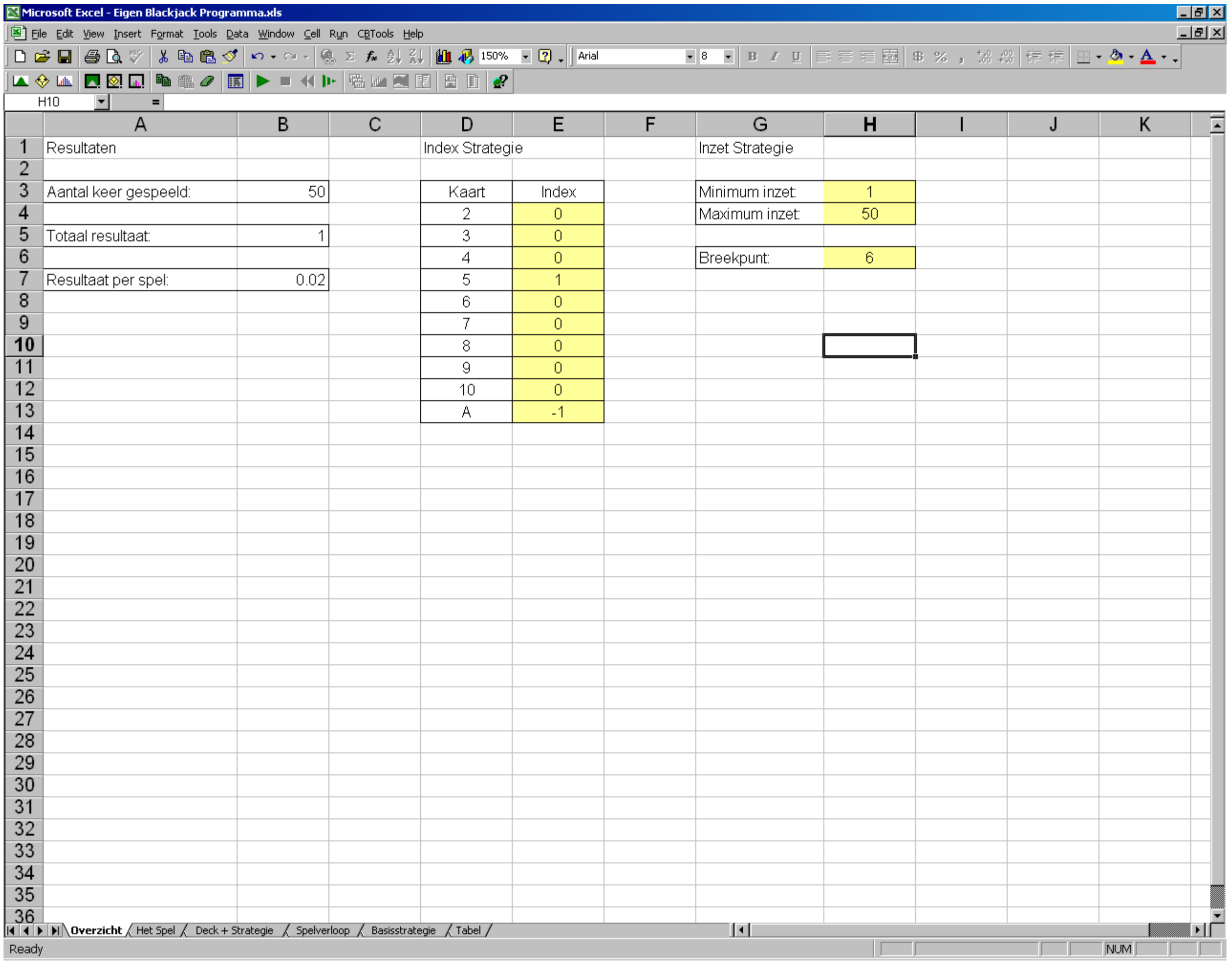
### B.10: De verandering van E(X) per weggenomen aas

| # azen | E(X) | Verandering E(X) |
|---|---|---|
| 24 | -0.0061 | - |
| 23 | -0.0072 | -0.00105 |
| 22 | -0.0082 | -0.00103 |
| 21 | -0.0093 | -0.00104 |
| 20 | -0.0103 | -0.00103 |
| 19 | -0.0113 | -0.00097 |
| 18 | -0.0122 | -0.00097 |
| 17 | -0.0132 | -0.00098 |
| 16 | -0.0142 | -0.00098 |
| 15 | -0.0152 | -0.00098 |
| 14 | -0.0162 | -0.00099 |
| 13 | -0.0172 | -0.00099 |
| 12 | -0.0181 | -0.00100 |

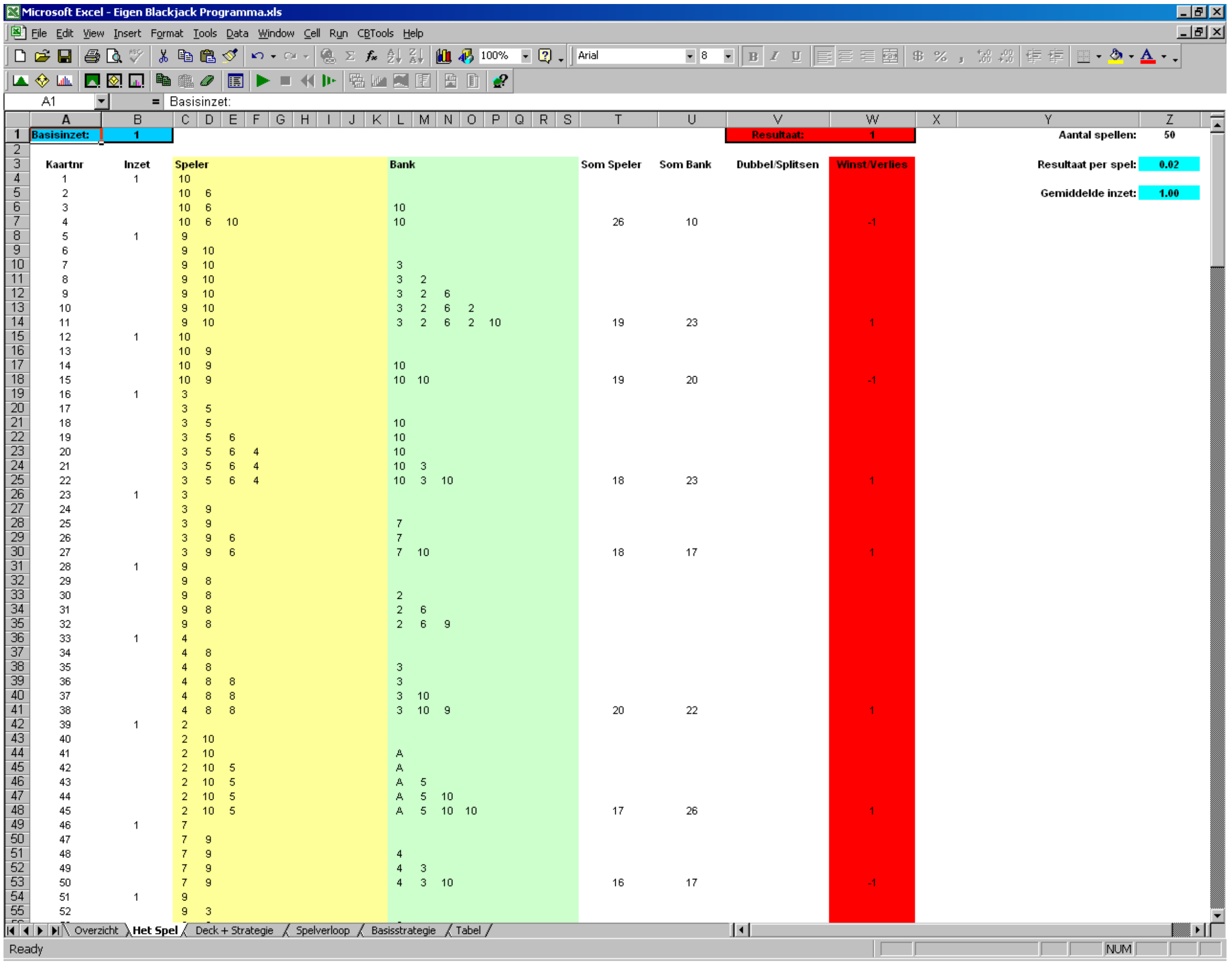
De gemiddelde verandering van E(X) bij het wegnemen van een aas is: -0,00100.

## C: Het door mijzelf ontworpen programma

Sheet 1: de invoer en het overzicht van het resultaat



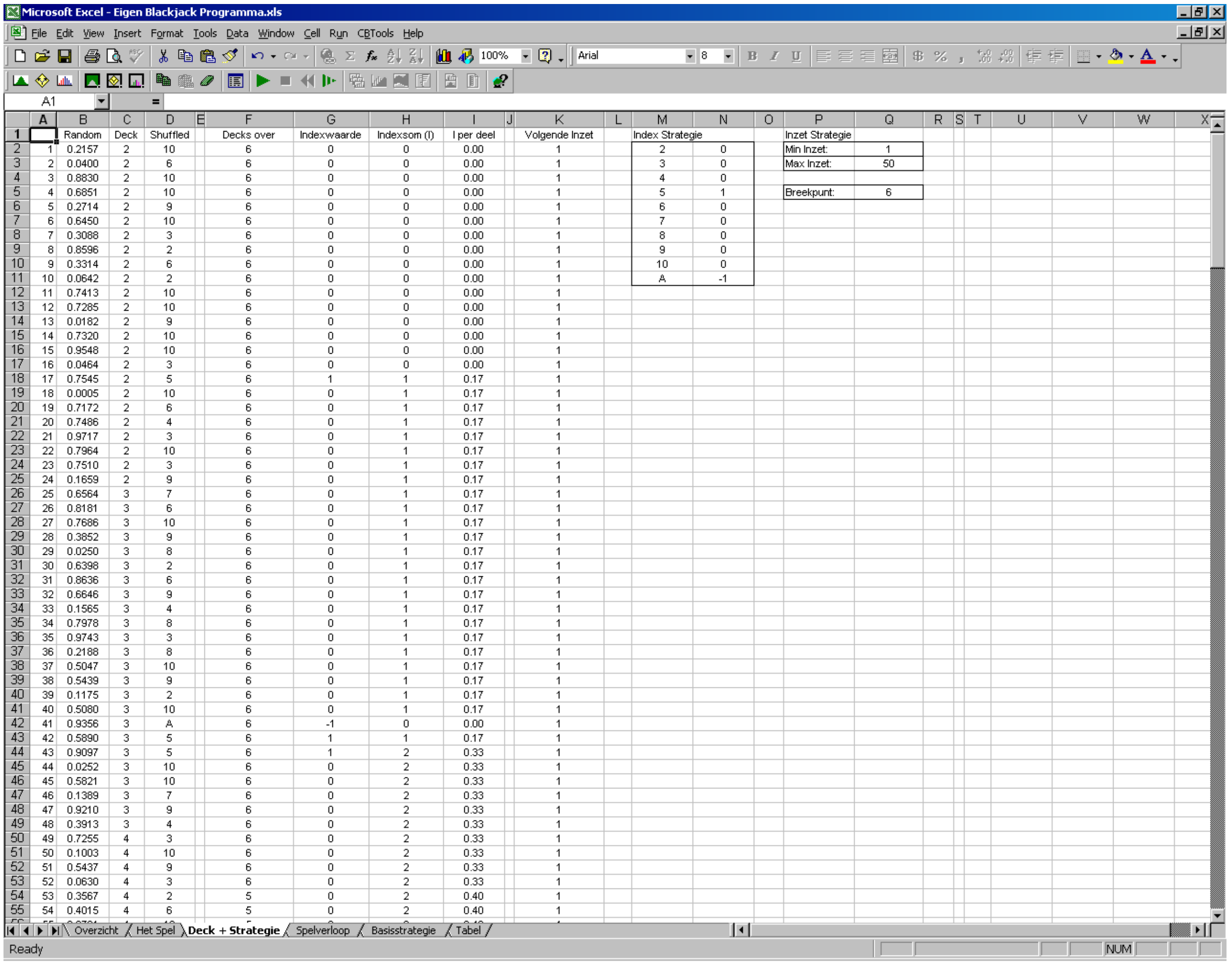
Sheet 2: het overzicht van het verloop van het spel




| Basisinzet: | 1 | | | | | | | | | | | | Resultaat: | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Kaartnr | Inzet | Speler | | | | Bank | | | | | Som Speler | Som Bank | Dubbel/Splitsen | Winst/Verlies |
| 1 | 1 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | 10 | 6 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | 10 | 6 | | | 10 | | | | | | | | |
| 4 | | 10 | 6 | 10 | | 10 | | | | | 26 | 10 | | -1 |
| 5 | 1 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | 9 | 10 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | 9 | 10 | | | 3 | | | | | | | | |
| 8 | | 9 | 10 | | | 3 | 2 | | | | | | | |
| 9 | | 9 | 10 | | | 3 | 2 | 6 | | | | | | |
| 10 | | 9 | 10 | | | 3 | 2 | 6 | 2 | | | | | |
| 11 | | 9 | 10 | | | 3 | 2 | 6 | 2 | 10 | 19 | 23 | | 1 |
| 12 | 1 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | 10 | 9 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | 10 | 9 | | | 10 | | | | | | | | |
| 15 | | 10 | 9 | | | 10 | 10 | | | | 19 | 20 | | -1 |
| 16 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | 3 | 5 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | 3 | 5 | | | 10 | | | | | | | | |
| 19 | | 3 | 5 | 6 | | 10 | | | | | | | | |
| 20 | | 3 | 5 | 6 | 4 | 10 | | | | | | | | |
| 21 | | 3 | 5 | 6 | 4 | 10 | 3 | | | | | | | |
| 22 | | 3 | 5 | 6 | 4 | 10 | 3 | 10 | | | 18 | 23 | | 1 |
| 23 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | 3 | 9 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | 3 | 9 | | | 7 | | | | | | | | |
| 26 | | 3 | 9 | 6 | | 7 | | | | | | | | |
| 27 | | 3 | 9 | 6 | | 7 | 10 | | | | 18 | 17 | | 1 |
| 28 | 1 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | 9 | 8 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | 9 | 8 | | | 2 | | | | | | | | |
| 31 | | 9 | 8 | | | 2 | 6 | | | | | | | |
| 32 | | 9 | 8 | | | 2 | 6 | 9 | | | | | | |
| 33 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | 4 | 8 | | | | | | | | | | | |
| 35 | | 4 | 8 | | | 3 | | | | | | | | |
| 36 | | 4 | 8 | 8 | | 3 | | | | | | | | |
| 37 | | 4 | 8 | 8 | | 3 | 10 | | | | | | | |
| 38 | | 4 | 8 | 8 | | 3 | 10 | 9 | | | 20 | 22 | | 1 |
| 39 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | 2 | 10 | | | | | | | | | | | |
| 41 | | 2 | 10 | | | A | | | | | | | | |
| 42 | | 2 | 10 | 5 | | A | | | | | | | | |
| 43 | | 2 | 10 | 5 | | A | 5 | | | | | | | |
| 44 | | 2 | 10 | 5 | | A | 5 | 10 | | | | | | |
| 45 | | 2 | 10 | 5 | | A | 5 | 10 | 10 | | 17 | 26 | | 1 |
| 46 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | 7 | 9 | | | | | | | | | | | |
| 48 | | 7 | 9 | | | 4 | | | | | | | | |
| 49 | | 7 | 9 | | | 4 | 3 | | | | | | | |
| 50 | | 7 | 9 | | | 4 | 3 | 10 | | | 16 | 17 | | -1 |
| 51 | 1 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | 9 | 3 | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Aantal spellen: | 50 |
| Resultaat per spel: | 0.02 |
| Gemiddelde inzet: | 1.00 |

Sheet 3: het verloop van de random kaartentrekking en de gevolgen van de strategie



Microsoft Excel - Eigen Blackjack Programma.xls

| | Random | Deck | Shuffled | Decks over | Indexwaarde | Indexsom (I) | I per deel | Volgende Inzet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.2157 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 2 | 0.0400 | 2 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 3 | 0.8830 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 4 | 0.6851 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 5 | 0.2714 | 2 | 9 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 6 | 0.6450 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 7 | 0.3088 | 2 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 8 | 0.8596 | 2 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 9 | 0.3314 | 2 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 10 | 0.0642 | 2 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 11 | 0.7413 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 12 | 0.7285 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 13 | 0.0182 | 2 | 9 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 14 | 0.7320 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 15 | 0.9548 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 16 | 0.0464 | 2 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 1 |
| 17 | 0.7545 | 2 | 5 | 6 | 1 | 1 | 0.17 | 1 |
| 18 | 0.0005 | 2 | 10 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 19 | 0.7172 | 2 | 6 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 20 | 0.7486 | 2 | 4 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 21 | 0.9717 | 2 | 3 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 22 | 0.7964 | 2 | 10 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 23 | 0.7510 | 2 | 3 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 24 | 0.1659 | 2 | 9 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 25 | 0.6564 | 3 | 7 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 26 | 0.8181 | 3 | 6 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 27 | 0.7686 | 3 | 10 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 28 | 0.3852 | 3 | 9 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 29 | 0.0250 | 3 | 8 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 30 | 0.6398 | 3 | 2 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 31 | 0.8636 | 3 | 6 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 32 | 0.6646 | 3 | 9 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 33 | 0.1565 | 3 | 4 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 34 | 0.7978 | 3 | 8 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 35 | 0.9743 | 3 | 3 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 36 | 0.2188 | 3 | 8 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 37 | 0.5047 | 3 | 10 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 38 | 0.5439 | 3 | 9 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 39 | 0.1175 | 3 | 2 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 40 | 0.5080 | 3 | 10 | 6 | 0 | 1 | 0.17 | 1 |
| 41 | 0.9356 | 3 | A | 6 | -1 | 0 | 0.00 | 1 |
| 42 | 0.5890 | 3 | 5 | 6 | 1 | 1 | 0.17 | 1 |
| 43 | 0.9097 | 3 | 5 | 6 | 1 | 2 | 0.33 | 1 |
| 44 | 0.0252 | 3 | 10 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 45 | 0.5821 | 3 | 10 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 46 | 0.1389 | 3 | 7 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 47 | 0.9210 | 3 | 9 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 48 | 0.3913 | 3 | 4 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 49 | 0.7255 | 4 | 3 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 50 | 0.1003 | 4 | 10 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 51 | 0.5437 | 4 | 9 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 52 | 0.0630 | 4 | 3 | 6 | 0 | 2 | 0.33 | 1 |
| 53 | 0.3567 | 4 | 2 | 5 | 0 | 2 | 0.40 | 1 |
| 54 | 0.4015 | 4 | 6 | 5 | 0 | 2 | 0.40 | 1 |

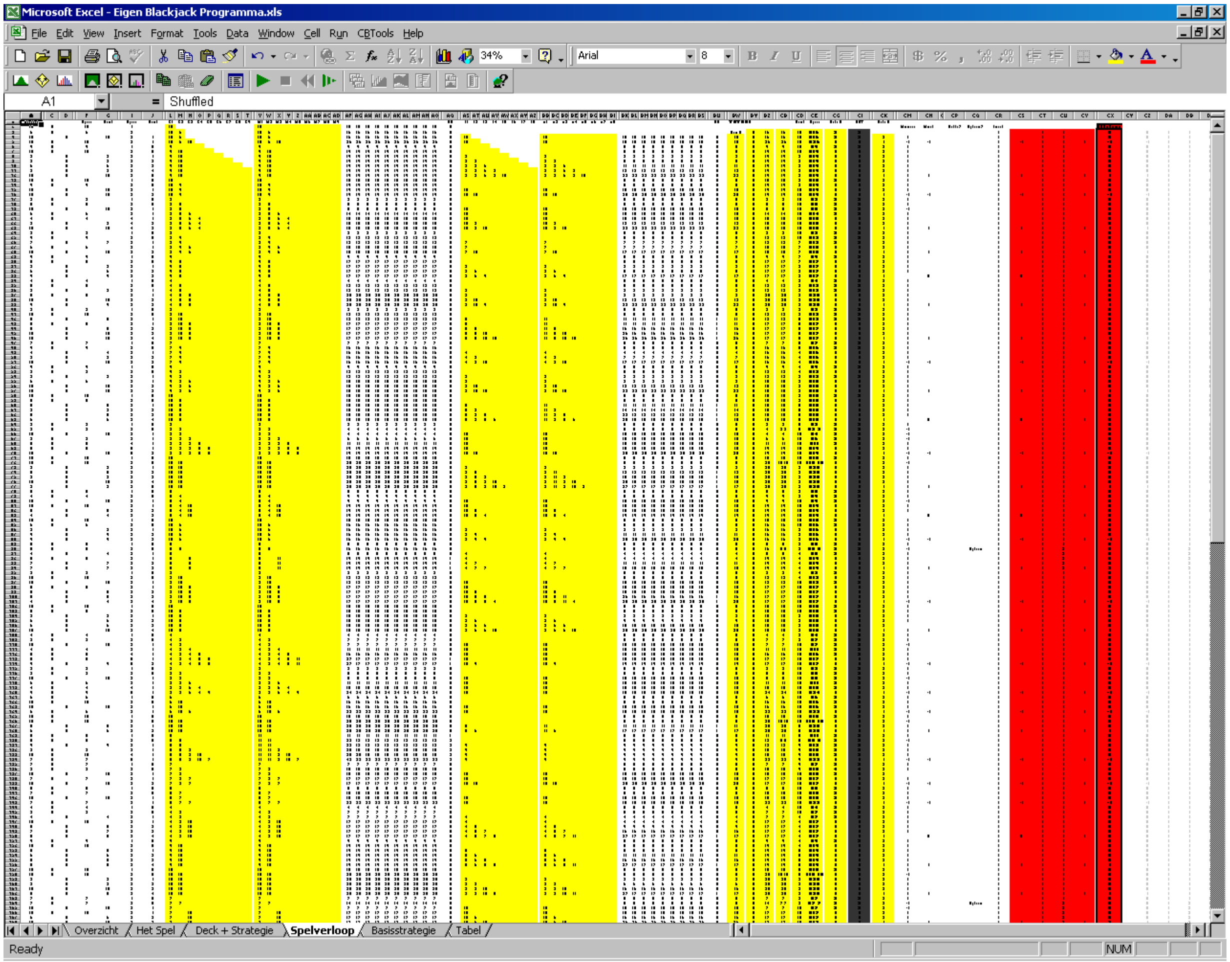
| Index Strategie | |
|---|---|
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 1 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |
| A | -1 |

| Inzet Strategie | |
|---|---|
| Min Inzet: | 1 |
| Max Inzet: | 50 |
| | |
| Breekpunt: | 6 |

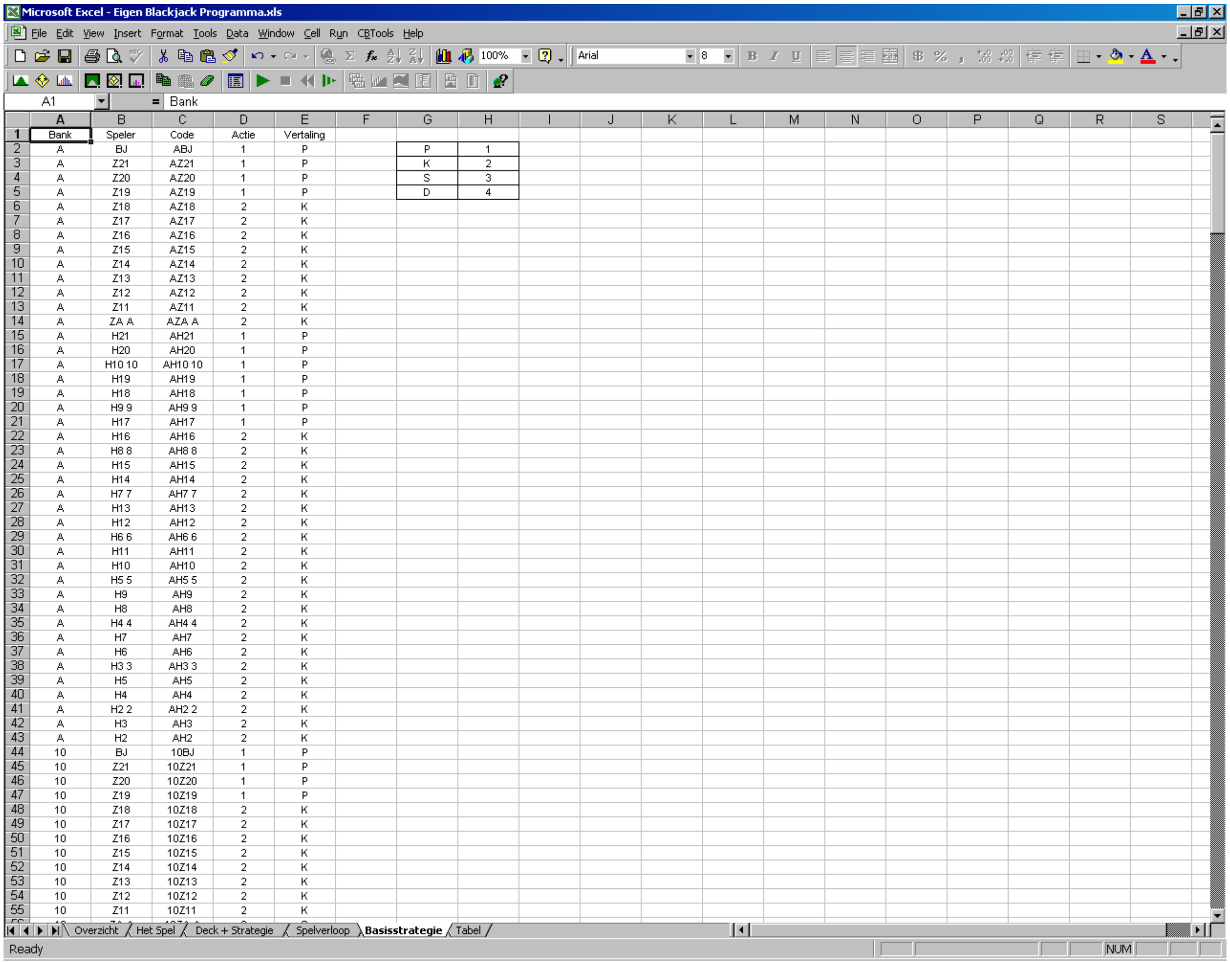
Overzicht / Het Spel / **Deck + Strategie** / Spelverloop / Basisstrategie / Tabel

Ready

Sheet 4: het totale spelverloop met stap voor stap de uitgevoerde berekeningen



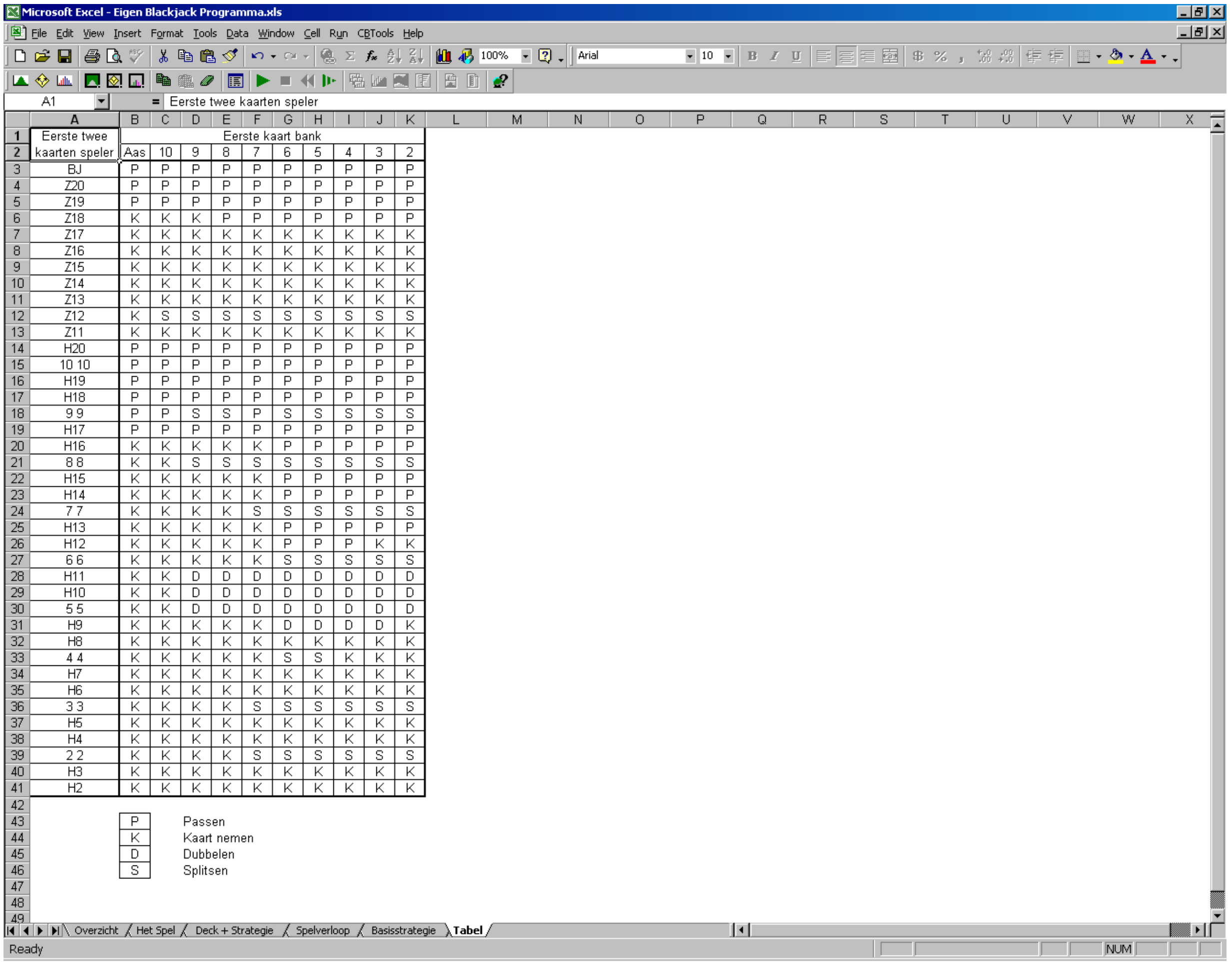
Sheet 5: de ingevoerde basisstrategie waarin de beste keuzes worden opgezocht




| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bank | Speler | Code | Actie | Vertaling |
| 2 | A | BJ | ABJ | 1 | P |
| 3 | A | Z21 | AZ21 | 1 | P |
| 4 | A | Z20 | AZ20 | 1 | P |
| 5 | A | Z19 | AZ19 | 1 | P |
| 6 | A | Z18 | AZ18 | 2 | K |
| 7 | A | Z17 | AZ17 | 2 | K |
| 8 | A | Z16 | AZ16 | 2 | K |
| 9 | A | Z15 | AZ15 | 2 | K |
| 10 | A | Z14 | AZ14 | 2 | K |
| 11 | A | Z13 | AZ13 | 2 | K |
| 12 | A | Z12 | AZ12 | 2 | K |
| 13 | A | Z11 | AZ11 | 2 | K |
| 14 | A | ZA A | AZA A | 2 | K |
| 15 | A | H21 | AH21 | 1 | P |
| 16 | A | H20 | AH20 | 1 | P |
| 17 | A | H10 10 | AH10 10 | 1 | P |
| 18 | A | H19 | AH19 | 1 | P |
| 19 | A | H18 | AH18 | 1 | P |
| 20 | A | H9 9 | AH9 9 | 1 | P |
| 21 | A | H17 | AH17 | 1 | P |
| 22 | A | H16 | AH16 | 2 | K |
| 23 | A | H8 8 | AH8 8 | 2 | K |
| 24 | A | H15 | AH15 | 2 | K |
| 25 | A | H14 | AH14 | 2 | K |
| 26 | A | H7 7 | AH7 7 | 2 | K |
| 27 | A | H13 | AH13 | 2 | K |
| 28 | A | H12 | AH12 | 2 | K |
| 29 | A | H6 6 | AH6 6 | 2 | K |
| 30 | A | H11 | AH11 | 2 | K |
| 31 | A | H10 | AH10 | 2 | K |
| 32 | A | H5 5 | AH5 5 | 2 | K |
| 33 | A | H9 | AH9 | 2 | K |
| 34 | A | H8 | AH8 | 2 | K |
| 35 | A | H4 4 | AH4 4 | 2 | K |
| 36 | A | H7 | AH7 | 2 | K |
| 37 | A | H6 | AH6 | 2 | K |
| 38 | A | H3 3 | AH3 3 | 2 | K |
| 39 | A | H5 | AH5 | 2 | K |
| 40 | A | H4 | AH4 | 2 | K |
| 41 | A | H2 2 | AH2 2 | 2 | K |
| 42 | A | H3 | AH3 | 2 | K |
| 43 | A | H2 | AH2 | 2 | K |
| 44 | 10 | BJ | 10BJ | 1 | P |
| 45 | 10 | Z21 | 10Z21 | 1 | P |
| 46 | 10 | Z20 | 10Z20 | 1 | P |
| 47 | 10 | Z19 | 10Z19 | 1 | P |
| 48 | 10 | Z18 | 10Z18 | 2 | K |
| 49 | 10 | Z17 | 10Z17 | 2 | K |
| 50 | 10 | Z16 | 10Z16 | 2 | K |
| 51 | 10 | Z15 | 10Z15 | 2 | K |
| 52 | 10 | Z14 | 10Z14 | 2 | K |
| 53 | 10 | Z13 | 10Z13 | 2 | K |
| 54 | 10 | Z12 | 10Z12 | 2 | K |
| 55 | 10 | Z11 | 10Z11 | 2 | K |

| G | H |
|---|---|
| P | 1 |
| K | 2 |
| S | 3 |
| D | 4 |

Sheet 6: de basisstrategie in tabelvorm




| Eerste twee kaarten speler | Eerste kaart bank | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| BJ | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| Z20 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| Z19 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| Z18 | K | K | K | P | P | P | P | P | P | P |
| Z17 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| Z16 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| Z15 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| Z14 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| Z13 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| Z12 | K | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| Z11 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| H20 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 10 10 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| H19 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| H18 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 9 9 | P | P | S | S | P | S | S | S | S | S |
| H17 | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P |
| H16 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| 8 8 | K | K | S | S | S | S | S | S | S | S |
| H15 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| H14 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| 7 7 | K | K | K | K | S | S | S | S | S | S |
| H13 | K | K | K | K | K | P | P | P | P | P |
| H12 | K | K | K | K | K | P | P | P | K | K |
| 6 6 | K | K | K | K | K | S | S | S | S | S |
| H11 | K | K | D | D | D | D | D | D | D | D |
| H10 | K | K | D | D | D | D | D | D | D | D |
| 5 5 | K | K | D | D | D | D | D | D | D | D |
| H9 | K | K | K | K | K | D | D | D | D | K |
| H8 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 4 4 | K | K | K | K | K | S | S | K | K | K |
| H7 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| H6 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 3 3 | K | K | K | K | S | S | S | S | S | S |
| H5 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| H4 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| 2 2 | K | K | K | K | S | S | S | S | S | S |
| H3 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| H2 | K | K | K | K | K | K | K | K | K | K |

| | |
|---|---|
| P | Passen |
| K | Kaart nemen |
| D | Dubbelen |
| S | Splitsen |

## 11. Literatuurlijst


*Bronnen:*

“Blackjack in Holland Casino’s: hoe de dealer te verslaan”, B. van der Genugten, (1993)
“Blackjack in Holland Casino’s: basic, optimal and winning strategies”, B. van der Genugten, (1994)

*Personen:*

Prof. Dr. Ben van der Genugten, Universiteit Tilburg, Faculteit econometrie

*Internet:*

www.hollandcasino.nl
center.uvt.nl
en.wikipedia.org
www.easy-site.nl
www.gamblingplanet.org
www.winneronline.nl
www.online-casinos.com

*Programma’s:*

Knock-Out Blackjack Demo 2.2
Blackjack Game, B. van der Genugten