



Ein neues Sommermärchen?

Simulation der UEFA-Europameisterschaft 2024 der Männer

Jugend forscht- Schüler experimentieren

Regionalwettbewerb Emden 2024

Fachbereich: Mathematik/Informatik

Eingereicht von:

Hans Friedrich Wiesner, Sem de Haan und Elias Ohlmann

Betreuender Lehrer:

Thomas Eberhardt, Cäcilienchule Wilhelmshaven

Inhaltsverzeichnis

1. Projektidee und Ziele	2
2. Beschreibung unseres allgemeinen Vorgehens.....	2
3. Die Suche nach der optimalen Simulations-Strategie.....	3
3.1. Unsere Vergleichsdaten und unser Punkte-System	3
3.2. Vergleich mit einem „Ergebniswürfel“	4
3.3. Vergleich mit einer ersten „Spielprozedur“ ohne Teaminfos	5
3.4. Erste Anpassungen und Aufbau der Spielprozedur	7
3.5. Vergleich mit einer optimierten „Spielprozedur“ und Marktwertnutzung	9
3.6. Vergleich mit Weltranglisten-Strategie.....	10
3.7. Vergleich mit einer Kombinationsstrategie aus Ranglisten und Marktwerten.....	11
3.8. Vergleich mit zusätzlicher Länderspielstatistik-Strategie.....	12
3.9. Weitere Simulationsideen	12
4. Erste Simulationen zur EM 2024.....	13
4.1. Verwendete Daten und Simulationsstrategie.....	13
4.2. Simulationen ohne Turnierdynamik	14
4.1.1. Die Vorrunde	14
4.1.2. K.O.-Phase	14
4.1.3. Die Finalisten und Europameister	15
4.1.4. Zum Abschneiden der deutschen Nationalmannschaft	15
4.3. Simulationen mit Turnierdynamik.....	16
5. Fazit und Ausblick	16
6. Quellen und Hilfsmittel.....	17
7. Danke für die Unterstützung.....	17

1. Projektidee und Ziele

Seit einigen Jahren führen wir an unserer Schule zu den Großereignissen des Fußballs, den Welt- und Europameisterschaften, Tippwettbewerbe durch. Daran nehmen sehr viele Schüler/innen und Lehrer/innen unserer Cäcilien Schule teil. Weiterhin erreichen uns zahlreiche Tipps von Verwandten, Bekannten oder Fans unseres traditionellen Wettbewerbs über das Internet.

In unserem Wettbewerb müssen alle Tipps bis zum Start des Eröffnungsspiels abgegeben werden. Durch unser spezielles Punktesystem fiebern dann alle Teilnehmer bis zum Finale mit und in der Regel entscheidet sich der Wettbewerb erst nach dem letzten Spiel. Die Tipps sind für alle Teilnehmer zu jeder Zeit einsehbar und nach jedem Spiel wird die aktuelle Rangliste auf unserer Homepage veröffentlicht. In diesem Jahr feiert unser Tippwettbewerb zudem ein Jubiläum. Er wird im Sommer zum zehnten Mal stattfinden.

Wir stellen uns nun die Frage, ob eine künstliche Intelligenz, wie der PC, ein besseres Wettbewerbsergebnis als der Mensch erzielen kann. Natürlich interessiert uns auch, wie gut in einer entsprechenden Simulation Deutschland bei der kommenden Heim-EM abschneidet und welches Team mit der größten Wahrscheinlichkeit Europameister wird.

So beschlossen wir, unter Zuhilfenahme einer möglichst optimalen Spielprozedur, die EM mit allen Spielen zu simulieren. Hierfür wollen wir die Zufallsfunktion „random“ nutzen und dabei die Stärken und Schwächen der teilnehmenden Nationalteams berücksichtigen.

Im Sommer wollen wir dann wieder unseren traditionellen Tippwettbewerb zur Heim-EM starten und dann den Computer mit unserer Simulation so viele Tipps erstellen lassen, wie wir Teilnehmer bei unserem Tippwettbewerb haben. Wir sind schon gespannt, wer „die Nase vorn haben wird“ (PC oder Mensch) und wen der PC als neuen Europameister favorisiert bzw. wie groß die Wahrscheinlichkeit für ein "Sommermärchen“ mit einem Titel für unser Nationalteam ist.

2. Beschreibung unseres allgemeinen Vorgehens

Mit Hilfe der Freeware-Programmierungsumgebung Lazarus haben wir ein Programm geschrieben, welches beliebig oft die komplette EM simulieren kann. Die Tipps sollen dann für weitere Auswertungen in einer EXCEL-Datei gespeichert werden. Dies soll uns ermöglichen, bei einer großen Anzahl von EM-Simulationen, Wahrscheinlichkeiten für das konkrete Abschneiden der teilnehmenden Teams anzugeben, um somit später eine entsprechende Anzahl Tipps zu generieren, die im Wettbewerb Mensch gegen Maschine antreten.

Wir werden bei der Optimierung unserer Simulationsstrategie die bekannten Ergebnisse der letzten Europameisterschaft 2021 verwenden. Die Simulationsergebnisse zu den Spielen der letzten EM werden dann mit den realen Ergebnissen verglichen. Die Strategie des besten Resultates wird für unsere Simulation zur Heim-EM 2024 benutzt.

Um unser Programm mit objektiven Daten zu speisen, werden die folgenden verfügbaren Daten getestet und entsprechend genutzt:

- Marktwerte der Spieler positionsbezogen (Torwart, Abwehr, Mittelfeld, Angriff)
- Marktwerte der TOP 11 und der Ergänzungsspieler
- Trainereinschätzung

- Länderspielstatistiken
- Weltranglisten
- Statistik der Qualifikationsspiele

Der Einfluss der einzelnen Elemente wird mit den Resultaten der letzten EM verglichen und dann wird für die Simulation der bevorstehenden EM die Strategie, die bei der letzten EM die höchste Punktzahl erreichte, verwendet. Wir erachten dies als sinnvoll, da diese EM nach dem exakt gleichen Modus ausgetragen wird.

3. Die Suche nach der optimalen Simulations-Strategie

3.1. Unsere Vergleichsdaten und unser Punkte-System

Als Vergleichsdaten für unsere Simulation nutzen wir unseren Tippwettbewerb von der Europa-Meisterschaft 2021, die exakt nach dem gleichen Turniermodus ausgespielt wurde. Aufgrund der Corona-Situation entschieden wir uns im Frühjahr 2021 relativ spät zur Durchführung unseres Wettbewerbes, da der Präsenzunterricht lange Zeit nicht stattfand. Dadurch blieb die Teilnehmerzahl erstmals wieder dreistellig. Immerhin konnten wir 895 Tipps aus ganz Deutschland für unseren Wettbewerb einsammeln. Alle Teilnehmer tippten vor dem Eröffnungsspiel alle Spiele bis zum Finale.

Folgendes Punktesystem verwenden wir bei den Vorrundenspielen:

- Richtiges Spielergebnis: 6 Punkte
- Richtiger Sieger mit richtiger Tordifferenz: 4 Punkte
- Unentschieden am Spielergebnis: 4 Punkte
- Richtiger Trend: 3 Punkte

<i>Bsp.</i> Tipp	Erg.	Wertung
1:0	1:0	6 Punkte
2:1 oder 3:2	1:0	4 Punkte
2:0	1:0	3 Punkte
1:1	1:1	6 Punkte
2:2 oder 0:0	1:1	4 Punkte
3:3	1:1	3 Punkte

Folgendes Punktesystem gilt für Spielergebnisse in den KO-Spielen:

In den KO-Spielen zählt bei einem Elfmeterschießen der Sieg wie ein Tor. Hier durfte kein Unentschieden getippt werden. Beispiel: Bei einem 1:1 nach Verlängerung und 11m Schießen 4:2 geht das Ergebnis 2:1 in die Auswertung. Folgende Punkte wurden verteilt:

- Richtiges Spielergebnis mit richtigen Teams: 8 Punkte
- Ergebnis mit richtiger Tordifferenz bei richtigen Teams: 6 Punkte
- Richtiger Trend bei richtigen Teams: 4 Punkte
- Wenn im Spiel nur auf das richtige Siegerteam getippt wurde, gab es jeweils die halbe Punktzahl
- Jeder richtige Achtelfinalteilnehmer: 4 Punkte
 - o + Richtiger Gruppensieger: 3 Punkte
 - o + Richtiger Gruppenzweiter: 1 Punkt
- Richtiger Viertelfinalist: 6 Punkte
- Richtiger Halbfinalist: 7 Punkte
- Richtiger Finalist: 8 Punkte
- Richtiger Europameister: 9 Punkte
- Richtiger Zweiter: 5 Punkte
- Richtiger Dritter: 3 Punkte

Mit diesem differenzierten Punktesystem bleibt der Wettbewerb bis zum Schluss spannend.

Am Ende setzte sich überraschend ein ehemaliger Schüler deutlich vor zwei Schülerinnen aus unteren Klassen durch. Der Sieger hatte immerhin drei der vier Halbfinalisten korrekt vorhergesagt. Bereits nach der Vorrunde lag er auf Platz 2 unter den 895 Mitspielern. Den Europameister Italien tippten nur noch 42 Teilnehmer/innen richtig. Top-Favorit war bei den Tipperrn Weltmeister Frankreich (223-mal genannt). An zweiter Stelle lag Deutschland (187-mal als Champion getippt). Letzteres lässt sicher mit dem Wunschgedanken erklären, wieder ein Turnier zu gewinnen.

1	Mathias	G.	ABI2016	259
2	Sofia	G.	5C	240
3	Delia	D.	6C	236
4	Marcel	O.	FAM	235
5	Amalia	K.	6C	234
6	Christoph	F.	Abi 2014	233
7	Hausm.	M.	GS-Bayern	232
7	Christian	S.	FAM	232
9	Lennard	R.	FR8b	230
10	Dawie	C.	Gast	229
10	Katrin	K.	FAM	229

Rechts in der Tabelle ist Abschluss die TOP 10 des Gesamtergebnisses dargestellt.

3.2. Vergleich mit einem „Ergebniswürfel“

In diesem Abschnitt erläutern wir im Vergleich, was geschieht, wenn der Computer in seiner Simulation alle teilnehmenden Mannschaften als gleich stark betrachtet. Wir haben hier keine Stärken und Schwächen der einzelnen Teams vorgegeben. Über die Resultate entscheidet lediglich der Zufall. Wir setzten voraus, dass die Menschen in diesem Vergleich besser abschneiden würden, da ein Großteil der Tipper sich auch für Fußball interessiert und Vorstellungen von den einzelnen Teamstärken hat, die in ihren Tipps vorrangig berücksichtigt werden. Wir ließen den Computer mehrere Male ebenfalls 895 Simulationen durchrechnen und verglichen die Durchschnittsergebnisse mit den Punkten unserer Teilnehmer.

Zunächst testeten wir eine Spielprozedur, in der die Tore der beiden Mannschaften lediglich per Zufall „ausgewürfelt“ wurden. Die Funktion „random (6)“ lieferte hierbei für jedes Team eine gleich wahrscheinliche Toranzahl von 0 bis 5. So kann man die Wahrscheinlichkeit der hiermit 36 möglichen Ergebnisse von einem torlosen 0:0 bis hin zu einem 5:5 leicht berechnen. Jedes mögliche Spielresultat hat also eine Wahrscheinlichkeit von 1/36 und somit ist jeder „normale“ Spielausgang mit einer Wahrscheinlichkeit von 1/36 richtig vom PC getippt (es gab bei der EM 2021 keine höheren ausgefallenen Ergebnisse). Im Vergleich der einzelnen Spiele wird auffällig sichtbar, dass die Menschen in der Regel besser tippten, es sei denn, ein Außenseiter gewann oder es trat ein überraschend deutliches Ergebnis auf, dann lag die Erfolgswahrscheinlichkeit des PC darüber und der PC-Tipp sammelte durchschnittlich mehr Punkte. Von den 36 Gruppenspielen der Vorrunde schnitt der PC nur bei den 4 Spielen, Russland-Dänemark 1:4 (nur 3 richtige menschliche Tipps) England-Schottland 0:0 (8) Spanien-Schweden 0:0 (8) Slowenien-Spanien 0:5 (3), deutlich besser ab. Leicht besser schnitt der PC auch bei allen drei Deutschlandspielen ab (hier lagen die richtigen menschlichen Tipps bei 16, 21 und 21), dies war wohl darin begründet, dass die Tipper die Mannschaft zu stark eingeschätzt hatten. In den restlichen 29 Spielen hatte die reine Zufallssimulation das Nachsehen.

Bei den Gruppensiegern und Zweiten jeder Vorrundengruppe beträgt bei einer PC-Simulation per Zufall die Wahrscheinlichkeit für eine richtige Voraussage jeweils $\frac{1}{4}$, da ohne Zusatzinfos jedes Team die gleiche Siegwahrscheinlichkeit besitzt. Natürlich war der Mensch hier mit seinem Vorwissen wieder deutlich im Vorteil. In Ausnahmefällen (Gruppensieg Schweden 11%, Gruppenzweiter (Wales 21%),

Spanien 18%) gab es auch Überraschungen. In den anderen 9 Vergleichen lag der menschliche Spürsinn teilweise deutlich vorn, wie die Statistik der richtig getippten Gruppensieger zeigt:

Italien		Belgien		Niederlande		England		Schweden		Frankreich	
569		455		473		503		99		392	
64,2%		51,4%		53,4%		56,8%		11,2%		44,2%	

Dieser Trend setzte sich selbstverständlich auch bei den Ko-Spielen fort. Ohne Zusatzinfos werden für den PC z.B. die normalen Paarungen des Achtelfinals (Erster gegen Zweiter) mit der Wahrscheinlichkeit 1/16 richtig getippt. In den Achtelfinalspielen mit den Gruppendritten, die nach einem komplizierten Schlüssel zugeordnet werden, sinkt die Erfolgswahrscheinlichkeit unter 2%. Letztendlich wird der richtige Europameister nur mit der Wahrscheinlichkeit 1/36 und die richtigen beiden Finalteilnehmer nur mit der Wahrscheinlichkeit kleiner 0,2% ($2 \cdot 1/36 \cdot 1/35$) vom PC getippt.

3.3. Vergleich mit einer ersten „Spielprozedur“ ohne Teaminfos

Da unterschiedliche Fußballergebnisse in der Realität mit unterschiedlichen Häufigkeiten auftreten, ist ein „Ergebniswürfel mit einer Gleichverteilung“ natürlich als Spielprozedur nicht geeignet. Wir entschieden uns daher für folgendes Grundprinzip unserer Spielsimulationen: Die Spielprozedur soll jedes Spiel nach folgender Grundidee spielen:

Jedes Team führt pro Halbzeit 3 Angriffe durch, bei denen jeweils ein Tor erzielt werden kann, somit sind maximal sechs Tore pro Team in einem Spiel möglich. Die Wahrscheinlichkeit, Tore erzielen zu können, ist von den für die Teams eingegebenen Parameter aus Marktwerten der Spieler, der Weltrangliste und Länderspielstatistiken abhängig.

Wenn alle Eingabeparameter gleichgesetzt werden, d.h. wenn alle Teams mit der gleichen Stärke aller Mannschaftsteile in die Simulation starten, beträgt bei jedem Angriff (bei unserem ersten Simulationsversuch) die Wahrscheinlichkeit für ein Tor etwa 35%. Die Wahrscheinlichkeit blieb im ersten Simulationstest bei allen 6 Torversuchen gleich, sodass die Anzahl der erzielten Tore eine binomialverteilte Zufallsgröße mit $n=6$ und $p=0,35$ ist und sich daraus folgende Wahrscheinlichkeitsverteilung ergibt:

In dieser Simulation ergaben sich etwas häufiger Spielergebnisse, die einem realem Fußballspiel entsprechen. Ein 5:5, das beim Würfeln die identische Wahrscheinlichkeit jedes anderen Ergebnisses besaß ($1/36=2,8\%$) ist nun sehr unwahrscheinlich ($0,02048^2=0,04\%$), während das häufige Ergebnis 2:1 auch eine höhere Wahrscheinlichkeit ($2 \cdot 0,32801 \cdot 0,24366=16\%$) besitzt.

Tore	Wahrscheinlichkeit in Prozent
0	$0,65^6 =$ 0,07542
1	$6 \cdot 0,35 \cdot 0,65^5 =$ 0,24366
2	$15 \cdot 0,35^2 \cdot 0,65^4 =$ 0,32801
3	$20 \cdot 0,35^3 \cdot 0,65^3 =$ 0,23549
4	$15 \cdot 0,35^4 \cdot 0,65^2 =$ 0,0951
5	$6 \cdot 0,35^5 \cdot 0,65 =$ 0,02048
6	$0,35^6 =$ 0,00184

In der Simulation mit der neuen Spielprozedur wurden in den Spielergebnissen durchschnittlich leicht höhere Punktzahlen erreicht. Dennoch lagen die Werte noch weit unter den Ergebnissen der menschlichen Tipps, da die Simulation alle Teams als gleich stark ansah. Dies entspricht natürlich nicht der Realität.

In der folgenden Tabelle wird die Gruppenspielstatistik der ersten Simulationen ohne Informationen über die Spielstärke der Teams im Vergleich mit den „menschlichen Tipps“ dargestellt.

richtige T.	MENSCH	WÜRFEL	SPIEL
GR. A	301	154	317
GR. B	367	128	295
GR. C	447	135	317
GR. D	295	153	369
GR. E	260	146	355
GR. F	251	144	415
Gesamt	1921	860	2068

In 895 Simulationen ergaben sich für die 6 Gruppenspiele folgende Anzahlen komplett richtiger Ergebnisse (siehe Tabelle). Der Durchschnitt des Würfel-Tipps schnitt erwartungsgemäß in jeder Gruppe am schlechtesten ab, da er die realistischen Ergebnisse mit der gleichen Wahrscheinlichkeit tippte, wie die Unrealistischen. Von den $6 \cdot 6 \cdot 895 = 32220$ Vorrundenspiel-Tipps waren lediglich 860 richtig, das entspricht etwa den zu erwartenden $1/36 = 2,78\%$, die bei großer Tippanzahl zu erwarten

ist. Die Menschen waren in Gruppe C besonders gut, da sich hier die Favoriten erwartungsgemäß durchsetzten und die Ergebnisse im Bereich typischer Fußballergebnisse lagen. Am schlechtesten tippten unsere Teilnehmer die Ergebnisse der Spiele in der Gruppe F, in der Deutschland teilnahm. Hier gab es mehr überraschende Ergebnisse, wie zum Beispiel das Unentschieden von Deutschland gegen Ungarn oder auch das Spiel gegen Portugal, welches mit 4:2 endete, die nur selten getippt wurden. In der Gruppe F konnte unser Programm mit der Spielprozedur ohne Informationen über die Spielstärken der verschiedenen Mannschaften am besten abschneiden. Hier spielten die drei überraschend unentschieden endenden Spiele (u.a. Frankreich-Ungarn) dem Computer in die Karten. Die beiden Spiele, die 2:2 endeten, wurden von den Tippern eher selten getippt, während sie bei unserer ersten Spielprozedur mit der größten Wahrscheinlichkeit auftreten (siehe Tabelle mit Wahrscheinlichkeitsverteilung). Durch die Besonderheiten in Gruppe E und F konnte diese Simulation sogar etwas häufiger richtige Vorrunden-Ergebnisse voraussagen, als unsere menschlichen Tipper. Wenn man allerdings alle Punkte der Vorrunde betrachtet, inklusive der Trendpunkte für den richtigen Sieger, waren die Menschen dem PC in der Simulation ohne Zusatzinfos relativ deutlich überlegen, wie die folgende Tabelle beschreibt.

Mittelw.	MENSCH	WÜRFEL	SPIELPR.
GR. A	10,84	7,71	7,366
GR. B	10,5	8,2	7,816
GR. C	12,97	8,47	8,017
GR. D	9,754	6,95	8,007
GR. E	7,833	6,94	7,756
GR. F	7,743	6,23	7,975
Gesamt	59,64	44,51	46,94

In den Gruppen A bis D waren die menschlichen Tipper in beiden Simulationen deutlich überlegen. In Gruppe E waren sie knapp besser. Lediglich in der schon angesprochenen Gruppe F hatte unsere zweite Simulation mehr Punkte erzielt. Insgesamt ergaben sich nach der Vorrunde für alle 36 Spiele für die 895 menschlichen Tipps durchschnittlich fast 60 Punkte. Die reine Würfelsimulation kam auf 44,5 und die verbesserte Spielprozedur ohne Zusatzinformationen auf 47 Punkte. Noch

deutlicher zeigte sich die Unterlegenheit unserer ersten Simulationen im Vergleich der Gruppenplatzierungen und den Tipps der KO-Runde. Hier gelten die gleichen Betrachtungen wie im Kapitel 3.2 zum Ergebniswürfel, da alle Teams die gleichen Wahrscheinlichkeiten für ein entsprechendes Weiterkommen und Abschneiden besitzen. Aufgrund der vorgeschriebenen limitierten Seitenzahl stellen wir abschließend hier nur noch den Vergleich der KO-Runde und der Gesamtpunktzahlen des Tipp-Wettbewerbes dar.

Mittelwerte	MENSCH	WÜRFEL	SPIELPR.
Gruppenpl.	59,67	48,5	48,13
KO-Spiele	37,6	26,4	26,29
GESAMT	156,9	119	121,4

Wie man anhand der durchschnittlich erzielten Punkte für die Gruppenplatzierungen und die KO-Spiele ableiten kann, liegen Würfel- und Spielprozedur gleichauf. Zufälligerweise liegt der Würfel-Programmierung hier

knapp vorn. Mit einer noch höheren Simulationsanzahl wäre die Punktzahl von Würfel- und Spielprozedur ausgeglichen. Die Spielprozedur müsste aufgrund realistischerer Ergebnistipps bei den KO-Spielen sogar ganz knapp vorn liegen. Der Mensch ist seinem Fußball-Wissen natürlich weiterhin klar im Vorteil, weil er (zumindest die fußballinteressierten Mittipper) die Stärken der Mannschaften realistischer einschätzen kann.

3.4. Erste Anpassungen und Aufbau der Spielprozedur

In der letzten Fußball-EM wurde mit 142 Toren in den 51 Spielen ein neuer Torrekord aufgestellt. Pro Spiel ergab sich somit ein Tore-Schnitt von 2,784. Mit der oben gezeigten Simulation ergab sich für die Tore pro Spiel ein Erwartungswert von $2 \cdot 6 \cdot 0,35 = 4,2$. Dies bedeutet, dass die Anzahl der simulierten Tore deutlich zu hoch ist. Deshalb entschieden wir uns, die grundlegende Spielprozedur etwas abzuändern, indem wir die Wahrscheinlichkeit für ein weiteres Tor durch Absenken der Offensivstärke nach jedem erzielten Tor und Erhöhen der Defensivstärke nach jedem Tor verringerten. Man könnte dies mit der Defensiv-Taktik im Fußball nach einer Führung vergleichen. Eine andere Möglichkeit wäre, die Angriffsanzahl auf 5 zu beschränken oder die Tore-Wahrscheinlichkeit abzusenken. Im Folgenden wird die grundlegende Spielprozedur dargestellt.

```

1. procedure spiel; {Simulation Gruppenspiel}
2. var z, an1, ab1, an2, ab2, h1a, h1b, h2a, h2b: word;
3. begin
4.   h1a:=0; h1b:=0; h2a:=0; h2b:=0;
5.   an1:=round(msofa+0.5*msmia+0.25*ms11a);           //Angriffsstärke Team1
6.   ab1:=round(mstwa+1.5*msdea+0.5*msmia+0.25*ms11a); //Abwehrstärke Team1
7.   an2:=round(msofb+0.5*msmib+0.25*ms11b);           //Angriffsstärke Team2
8.   ab2:=round(mstwb+1.5*msdeb+0.5*msmib+0.25*ms11b); //Abwehrstärke Team1
9.   if modusls=true then //wenn Länderspielstatistik eingehen soll
10.  begin
11.    //Hier kommt später bei Auswahl der direkte Länderspielvergleich hinzu
12.  end;
13.  for z:=1 to 3 do //1.Halbzeit
14.  begin
15.    if random(an1)>random(ab2) then //Mannschaft 1 Angriff
16.      begin inc(h1a); an1:=round(0.9*an1); inc(ab2); inc(ab1); end;
17.    if random(an2)>random(ab1) then //Mannschaft 2 Angriff
18.      begin inc(h1b); an2:=round(0.9*an1); inc(ab1); inc(ab2) end;
19.  end;
20.  an1:=round(an1+random(msbaa+2)); an2:=round(an2+random(msbab+2)
21.  ab1:=ab1+msbaa+1; ab2:=ab2+msbab+1; //Wechseloptionen (Bank)
22.  for z:=1 to 3 do //2.Halbzeit
23.  begin
24.    if random(an1)>random(ab2) then //Mannschaft 1 Angriff
25.      begin inc(h2a); an1:=round(0.9*an1); inc(ab2); inc(ab1) end;
26.    if random(an2)>random(ab1) then //Mannschaft 2 Angriff

```



```

27.      begin inc(h2b); an2:=round(0.9*an1);inc(ab1);inc(ab2) end;
28. end;
29. enda:=h1a+h2a;endb:=h1b+h2b;           //Endergebnis
30. end;

```

Die Veränderung der Wahrscheinlichkeiten, nach jedem Treffer ein weiteres Tor zu erzielen, sind typografisch fett dargestellt. In den Zeilen 20 und 21 werden mögliche Halbzeitkorrekturen der Trainer repräsentiert. Die Stärken erhöhen sich entsprechend den Parameterwerten der Auswechselspieler, die wiederum über Weltranglistenpunkte und Marktwerte festgelegt werden.

Die Wahrscheinlichkeiten, ein Tor zu erzielen, werden durch die Parameterwerte für die Angriffsstärke der Teams *an1* (Heim) und *an2* (Gast) und die Abwehrstabilität *ab1* und *ab2* gegeben. Diese Parameterwerte werden aus den der einzelnen Mannschaftsteile ermittelten Teamstärken errechnet. Dies geschieht zu Beginn der Spielprozedur in den Zeilen 5 bis 8.

Mstw[team] beschreibt die Stärke auf der Torwartposition, *msde[team]* die Stärke der Abwehrspieler, *msmi[team]* die Stärke der Mittelfeldspieler, *ms11[team]* die Stärke der Startelf und *msba[team]* die Stärke der Auswechselspieler. Der folgende Programmausschnitt beschreibt die Übergabe der Parameter zur Simulation der Gruppenspiele.

```

31. procedure SpielSim(team1,team2,SpielNr: integer);
32. begin
33.   mstwa:=mstw[team1];msdea:=msde[team1];msmia:=msmi[team1];
34.   msoga:=msog[team1];ms11a:=ms11[team1];msbaa:=msba[team1];
35.   mstw2:=mstw[team2];msdeb:=msde[team2];msmib:=msmi[team2];
36.   msoga:=msog[team2];ms11b:=ms11[team2];msbab:=msba[team2];
37.   spiel;
38.   spa[SpielNr]:=enda;spb[SpielNr]:=endb;
39.   mtore[team1]:=mtore[team1]+enda;mgegentore[team1]:=mgegentore[team1]+endb;
40.   mtore[team2]:=mtore[team2]+endb;mgegentore[team2]:=mgegentore[team2]+enda;
41.   if enda>endb then begin mpunkte[team1]:=mpunkte[team1]+3;end;
42.   if enda<endb then begin mpunkte[team2]:=mpunkte[team2]+3;end;
43.   if enda=endb then begin inc(mpunkte[team1]);inc(mpunkte[team2]);end;
44.   if modusdynamik=true then
45.   begin
46.     //Turnierdynamik siehe Kapitel 3.9.
47.   End;
48. end;

```

Die Ko-Spiele laufen nach dem gleichen Prinzip ab. Lediglich bei einem Unentschieden kommt es zum Elfmeterschießen. Da durch dieses nervenaufreibende Spiel eher zufällig ein Sieger ermittelt wird, ist dies auch in unserer Simulation über diese Zeile eingefügt:

```

49. if enda=endb then if random(2)=1 then inc(enda) else inc(endb); //11m Schießen

```

Jedes Team besitzt somit eine gleich hohe Wahrscheinlichkeit, das Elfmeterschießen zu gewinnen.

Um eine tragfähige Simulationsstrategie zu finden, haben wir nun mit verschiedenen verfügbaren Informationen den Mannschaftsteilen unterschiedliche Stärken zugeordnet, die EM 2021 simuliert und diese Ergebnisse mit dem tatsächlichen Verlauf verglichen. Dabei bildete das Punktesystem unseres Tippwettbewerbs ein Maß für die Qualität der Simulation.

3.5. Vergleich mit einer optimierten „Spielprozedur“ und Marktwertnutzung

Für die Qualität unserer Simulation sind die Daten, mit der unsere Spielprozedur gespeist wurde, von entscheidender Bedeutung. Zunächst trugen wir die Marktwerte aller Spieler der teilnehmenden Teams zusammen. Hierbei war <https://www.transfermarkt.de/> eine große Hilfe. Diese Website beinhaltet eine große Datenbank an Marktwerten fast aller Teams und Spieler. Die Daten reichen sogar bis in die siebthöchste deutsche Spielklasse. Wir ermittelten die durchschnittlichen Marktwerte der an der EM 2021 beteiligten Nationalmannschaften in den zuvor von uns definierten Positionen: Torwart (mstw), Abwehr (msde), Mittelfeld (msmi), Sturm (msof) sowie die besten elf Spieler (ms11) und der Bank (msba). Um die große Spanne der Marktwerte zu vereinheitlichen, wählten wir jeweils die höchsten Marktwerte auf den jeweiligen Positionen (zwei Torhüter, sechs Verteidiger, sieben Mittelfeldspieler, vier Stürmer sowie die besten elf Werte für die Startelf und die zwölf darauffolgenden Werte für die Auswechselbank) aus. Daraufhin bildeten wir bei Verteidigung, Mittelfeld und Sturm die Durchschnittswerte. Für die Torhüter übernahmen wir die Original-Marktwerte. Alle Werte wurden dann noch einmal gerundet, damit unser Programm diese einfacher verarbeiten konnte, bevor wir diese in eine EXCEL-Tabelle eingaben, die je nach ermitteltem (Durchschnitts-) Marktwert entsprechende Punkte für unsere Simulation vergab. Funktionen hierfür waren folgende:

Torwart		Abwehr		Mittelfeld		Sturm	
Gerundeter Marktwert	Punkte	Gerundeter Marktwert	Punkte	Gerundeter Marktwert	Punkte	Gerundeter Marktwert	Punkte
<5 Mio.	10	<3	7	<3	7	<3	5
<10 Mio.	13	<6	10	<6	10	<6	10
<13 Mio.	15	<10	13	<10	13	<10	13
<16 Mio.	17	<14	17	<14	17	<14	17
<19 Mio.	19	<19	19	<19	19	<19	19
>19 Mio.	Markt-wert	>19	Markt-wert	>19	Markt-wert	>19	Markt-wert

Es ergab sich bei manchen Länder-Marktwerten das Problem, dass die Auswechselbänke von „kleinen Fußballnationen“ nur sehr geringe Marktwerte hatten und der Auswechsel-Bonus deshalb Null betrug. Deshalb entschieden wir auch, dass der Bank-Wert mindestens Eins betragen musste. Diese Werte fügten wir in das Programm in die entsprechenden Boni-Button-Funktionen ein.

Mit diesen Informationen waren die mit dem reinen Marktwert-Bonussystem versehenen Simulationen, im Gegensatz zu den oben beschriebenen Zufallssimulationen, den menschlichen Tipps deutlich überlegen.

Dies wird in der folgenden Tabelle im Vergleich mit den menschlichen Tipps deutlich.

Mittelw.	GR. A	GR. B	GR. C	GR. D	GR. E	GR. F	GSP	AFT	VOR
MENSCH	10,8	10,5	13,0	9,8	7,8	7,7	59,6	59,7	119,3
BOMstärke	12,6	12,0	16,6	10,8	7,5	8,1	67,7	66,3	134,1

Überraschend war für uns der deutliche Vorsprung des durchschnittlichen Simulationsergebnisses gegenüber dem durchschnittlichen menschlichen Tipper. Eine Ursache war sicherlich, dass auch viele

Teilnehmer nicht fußballinteressiert waren und dass viele mit der vorurteilsbehafteten „Deutschland“-Brille unser Nationalteam überschätzt hatten. Lediglich in Gruppe E hatte der Rechner das Nachsehen. In der K.-O.-Phase sowie insgesamt war der Rechner dann besser, wie es die nächste Tabelle zeigt.

Mittelw.	AFSP	VFTN	VFSP	HFTN	HFSP	FTN+SP	PLATZ	KO GES	GESAMT
MENSCH	5,2	19,8	1,8	6,6	0,7	2,2	1,3	37,6	156,9
BOMstärke	6,0	23,2	3,1	10,6	1,4	4,5	2,2	51,0	185,0

In der Gesamtwertung schlug der Rechner den Menschen um durchschnittlich 21,9 Punkte. Auch der beste Tipp des PCs (276 Punkte) war deutlich besser als der Sieger des damaligen Tippwettbewerbes mit „nur“ 259 Punkten. Somit besaßen wir bereits ein System, das den Menschen schlagen konnte, allerdings wollten wir natürlich weitere Faktoren in unsere Berechnung einfließen lassen, als nur den Marktwert, weil auf diese Weise meistens nur die Mannschaften mit den höheren Marktwerten gewinnen, was keinesfalls der Realität entspricht, da auch schwächere Teams mit gutem „Wir“-Gefühl in der Lage sind, gegen einen stärkeren Gegner zu gewinnen.

3.6. Vergleich mit Weltranglisten-Strategie

Wenn man die aktuelle Bilanz unserer Nationalmannschaft (siehe links) seit 2022 betrachtet, kann man

Spiel	Datum	Ergebnis*	Gegner	Heim/Ausw.	Art
986	26. März 2022	2:0 (2:0)	Israel	Heim	Freundschaftsspiel
987	29. März 2022	1:1 (1:0)	Niederlande	Auswärts	Freundschaftsspiel
988	4. Juni 2022	1:1 (0:0)	Italien	Auswärts	Nations League
989	7. Juni 2022	1:1 (0:0)	England	Heim	Nations League
990	11. Juni 2022	1:1 (1:1)	Ungarn	Auswärts	Nations League
991	14. Juni 2022	5:2 (2:0)	Italien	Heim	Nations League
992	23. Sep. 2022	0:1 (0:1)	Ungarn	Heim	Nations League
993	26. Sep. 2022	3:3 (0:0)	England	Auswärts	Nations League
994	16. Nov. 2022	1:0 (0:0)	Oman	Auswärts	Freundschaftsspiel
995	23. Nov. 2022	1:2 (1:0)	Japan	Neutral	WM-Vorrunde
996	27. Nov. 2022	1:1 (0:0)	Spanien	Neutral	WM-Vorrunde
997	1. Dez. 2022	4:2 (1:0)	Costa Rica	Neutral	WM-Vorrunde
998	25. März 2023	2:0 (2:0)	Peru	Heim	Freundschaftsspiel
999	28. März 2023	2:3 (1:2)	Belgien	Heim	Freundschaftsspiel
1000	12. Juni 2023	3:3 (1:2)	Ukraine	Heim	Benefizspiel
1001	16. Juni 2023	0:1 (0:1)	Polen	Auswärts	Freundschaftsspiel
1002	20. Juni 2023	0:2 (0:0)	Kolumbien	Heim	Freundschaftsspiel
1003	9. Sep. 2023	1:4 (1:2)	Japan	Heim	Freundschaftsspiel
1004	12. Sep. 2023	2:1 (1:0)	Frankreich	Heim	Freundschaftsspiel
1005	14. Okt. 2023	3:1 (1:1)	Vereinigte St	Auswärts	Freundschaftsspiel
1006	17. Okt. 2023	2:2 (1:1)	Mexiko	Neutral	Freundschaftsspiel
1007	18. Nov. 2023	2:3 (1:2)	Türkei	Heim	Freundschaftsspiel
1008	21. Nov. 2023	0:2 (0:1)	Österreich	Auswärts	Freundschaftsspiel

feststellen, dass ein hoher Marktwert der Spieler nicht garantiert zum Erfolg führt. Die Spieler müssen gut zusammenpassen und als Team füreinander kämpfen. Die Erfolge der Teams, an den Ergebnissen der Länderspiele gemessen, werden in verschiedenen Weltranglisten in Tabellen zu Punktzahlen umgewandelt.

Wir verwenden daher für unser Bonussystem die FIFA-Weltrangliste der Männer, die auf <https://www.fifa.com/de/fifa-world-ranking/men> einsehbar ist. Die FIFA nutzt ebenfalls ein komplexes System zur Berechnung, welches sie unter <https://www.fifa.com/de/fifa-world-ranking/procedure-men> nachlesen können.

RG	Team	Punkte	Vorherige Punkte	+/-
1	Argentinien	1855,2	1855,2	-
2	Frankreich	1845,44	1845,44	-
3	England	1800,05	1800,05	-
4	Belgien	1798,46	1798,46	-
5	Brasilien	1784,09	1784,09	-
6	Niederlande	1745,48	1745,48	-

Die FIFA-Weltrangliste wird in regelmäßigen Abständen (wenige Tage nach dem Ende von Länderspielhasen) neu berechnet. Sie berücksichtigt dabei die jüngsten Länderspiele und besitzt auch die vorteilhafte Möglichkeit, nur die Länder eines Kontinentalverbandes

(AFC, CAF, CONCACAF, CONMEBOL, OFC, UEFA) in der Liste darzustellen sowie die vorherigen Stände der Tabelle bis zum ersten Stand, dem vom 31.12.1992, zurückverfolgen zu können. Somit konnten wir auch die Weltrangliste von Mai 2021 in Erfahrung bringen (s. unten) und wussten um das Abschneiden der an der EM 2021 teilnehmenden Nationen in der Weltrangliste. Wir hatten also sehr aktuelle Daten, um unser Programm auf Präzision zu prüfen.

Die Punktzahlen der Weltranglisten mussten wir nun unseren Stärkeformeln angleichen und geeignet auf die Mannschaftsteilstärken anpassen. In der Weltrangliste von 2021 vor dem Start der EM lagen die Punktzahlen zwischen 1783 (Belgien) und 1375 (Nordmazedonien). Würden wir diese Punktzahlen direkt verwenden, wäre die Streuung zwischen den zu erwartenden Teamstärken zu gering.

Dabei probierten wir verschiedene Formeln mit folgender Struktur aus: $\text{Grundstärke} = (\text{Punktzahl} - x) / y$, wobei wir für x und y sinnvolle natürliche Zahlen verwendeten.

Wir erhielten je nach Gewichtung der Unterschiede, verschiedene Simulations-Ergebnisse, die ab einer bestimmten Streuung an über den Ergebnissen der menschlichen Tipper lagen. Sie blieben aber etwas hinter den Resultaten der Marktwertstrategie. In der folgenden Übersicht vergleichen wir die bisherige beste Gewichtung mit unserem ersten Anpassungsversuch.

Mittelwerte	MENSCH	START	BESTE
GR. A	10,84	10,5	10,86
GR. B	10,5	12,4	14,14
GR. C	12,97	14	14,69
GR. D	9,754	9,67	10,49
GR. E	7,833	8,87	9,091
GR. F	7,743	8,39	8,212
Gruppenspiele	59,64	63,8	67,48
Achtel-Finale	59,67	63,8	67,33
KO-Spiele	37,6	42,3	44,81
GESAMT	156,9	170	179,6

Die Simulationen mit der Startidee hatte eine vergleichsweise geringere Streuung der Mannschaftsstärken und schnitt in den Simulationen mit Ausnahme von den Spielen in Gruppe F schlechter ab, als die von uns nun weiter verwendete Strategie „Beste“, die die Punktzahlen mit der Formel $\text{Grundstärke} = (\text{Punktzahl} - 1300) / 7$ umrechnete.

Der Grundstärke-Wert wurde auf die entsprechenden Parameter der Mannschaftsteile unserer Spielprozedur verteilt. In der durchschnittlichen Gesamtpunktzahl unseres Tippwettbewerbes lag er knapp 10 Punkte über unserer ersten Annahme und immerhin knapp 23

Punkte über dem durchschnittlichen Ergebnis der menschlichen Tipper.

3.7. Vergleich mit einer Kombinationsstrategie aus Ranglisten und Marktwerten

Sowohl die beste Ranglisten- und die Marktwertstrategie lieferten sehr gute Simulationsergebnisse gegenüber dem Menschen. Daher probierten wir auch mit unterschiedlichen Gewichtungen eine Kombination aus beiden Strategien aus.

Der Nutzer kann in unserem Programm die Gewichtung der beiden Teile über ein Edit-Feld vorgeben und den Anteil jeder Strategie zwischen 0 und 100 Prozent wählen. Um für unsere EM-Simulation die bestmögliche Kombination ermitteln zu können, machten wir mit verschiedenen Anteilen Versuche und verglichen die durchschnittlichen Punktzahlen. Im Folgenden wird für ausgewählte Anteile das Abschneiden der zugehörigen EM-Simulation dargestellt. MIX30 bedeutet hier, dass wir unsere Stärkeboni für die einzelnen Mannschaftsteile berechneten mit $\text{Stärke} = 0,3 * \text{Stärke Marktwertbonus} + 0,7 * \text{Stärke optimierter Ranglisten-Bonus}$.

Mittelwerte	MIX30	MIX40	MIX50	MIX60	MIX70	MIX80
Gruppenspiele	68,91061	68,62235	68,2067	69,24358	69,03017	68,55642
Achtelfinals	67,99323	67,79233	67,99097	68,20316	67,59142	67,59142
KO-Spiele	47,41196	48,91986	49,36005	50,52822	50,60948	50,04628
GESAMT	184,3702	185,333	185,5711	187,9402	187,193	186,2348

In der Gesamtwertung unseres Tippwettbewerbes schnitt die Strategie „MIX60“ nach der Auswertung am besten ab. Mit ihr erreichte man ein durchschnittliches Simulationsergebnis von 187,94 Punkten. Bei einer niedrigeren Gewichtung der Marktwertstrategie erhielten die Ergebnisse weniger Punkte als bei einer höheren Gewichtung. Die Strategie „MIX70“ schnitt bei den KO-Spielen am besten ab, insgesamt zeigte sich jedoch, dass man mit der „MIX60“-Strategie mehr Punkte erhalten konnte.

Aus diesem Grund werden wir für unsere Prognosesimulation Werte des Marktwertbonus*0,6 + die Werte des Ranglistenbonus *0,4 als grundlegenden Stärkebonus verwenden.

3.8. Vergleich mit zusätzlicher Länderspielstatistik-Strategie

Manchmal gibt es Angstgegner oder Gegner, gegen die man in der Vergangenheit entweder oft verloren oder häufig gewonnen hat. Deshalb sollten auch die Ergebnisse der direkten Vergleiche von verschiedenen Teams aus der jüngeren Vergangenheit in die Simulation einfließen. Diese Ergebnisse wollen wir später in unsere Simulation einbeziehen.

3.9. Weitere Simulationsideen

Bei jedem Turnier gibt es Mannschaften, die nach ersten Erfolgen über sich hinauswachsen und überraschend gut abschneiden. Dieses Phänomen einer sogenannten „Turniermannschaft“ könnte man über eine Turnierdynamik berücksichtigen. Man kann in unserem Programm über eine Checkbox auswählen, ob man bei der Simulation diese Berücksichtigung wünscht.

```

1. if modusdynamik=true then
2.   begin
3.     if enda>endb then           //Team1 gewonnen
4.       begin
5.         msof[team1]:=msof[team1]+2;msde[team1]:=msde[team1]+2;
6.       end;
7.     if enda<endb then           //Team2 gewonnen
8.       begin
9.         msof[team2]:=msof [team2]+2;msde[team2]:=msde[team2]+2;
10.      end;
11.    if enda>2 then               //Team 1 ab 3 Tore
12.      begin
13.        msof[team1]:=msof[team1]+enda-1;dec(msde[team2]);inc(msmi[team1]);
14.      end;
15.    if endb>2 then               //Team 2 ab 3 Tore
16.      begin
17.        msof[team2]:=msof[team2]+endb-1;dec(msof[team1]);inc(msmi[team2]);
18.      end;
19.    if enda=0 then               //Team 1 ohne Tor
20.      begin
21.        msof[team1]:=msof[team1]-2;msde[team2]:=msde[team2]+2;inc(msmi[team2]);

```

```

22.   end;
23.   if endb=0 then           //Team 2 ohne Tor
24.   begin
25.       msdf[team2]:=msdf[team2]-2;msde[team1]:=msde[team1]+2;inc(msmi[team1]);
26.   end;
27. end;

```

Mithilfe unserer Programmierung verbesserten sich die Angriff- und Abwehrwerte, wenn eine Mannschaft gewann oder verlor. Auch die Höhe des Ergebnisses spielte eine Rolle. Zusätzlich stärkten wir den Defensiv-Bonus einer Mannschaft, wenn es ein Spiel „zu- Null“ gewann, das heißt, es bekommt in einem Spiel kein Gegentor. Hier könnte man natürlich auch noch stärkere Verbesserungen probieren, wenn man die Änderungswerte entsprechend erhöht.

4. Erste Simulationen zur EM 2024

4.1. Verwendete Daten und Simulationsstrategie

Wir führten die Simulationen natürlich mit den derzeit aktuellen Daten der Marktwerte und Weltranglisten durch.

Aktuell sind noch drei Plätze offen, die durch drei Play-off-Turnier Ende März ausgespielt werden. Um hier vorab schon Vorhersagen treffen zu können, verglichen wir die Weltranglistenwerte der vier Teams pro Gruppe miteinander. Die Mannschaft mit dem höchsten Wert in ihrem Play-Off-Pfad (Polen, die Ukraine und Griechenland) „qualifizierte“ sich dann für unsere Simulation.

Play-Off Pfad A		Play-Off Pfad B		Play-Off Pfad C	
Nation	Punkte (WRL)	Nation	Punkte (WRL)	Nation	Punkte (WRL)
Polen	1520,24	Israel	1323,43	Georgien	1312,45
Estland	1149,7	Island	1338,39	Luxemburg	1285,41
Wales	1521,88	Bosnien-H.	1343,32	Griechenland	1453,95
Finnland	1401,31	Ukraine	1553,35	Kasachstan	1215,16
	Nation in Simulation DABEI				

Durch Nutzung der ausgewählten Simulationsstrategie in unserem Programm, erhält man einen durchschnittlichen Wert (ermittelt aus der Durchschnittsbildung von einer Million durchgespielter Europameisterschaften 2021) von 115 Toren in den Vorrundenspielen. Das ergibt einen Schnitt von 3,187 Toren/Spiel, der etwas höher liegt, als der Tordurchschnitt bei der EM 2021 (2,784). Um eine noch realistischere Prognose zu erzielen, hatten wir uns deshalb dazu entschieden; den Angriffsfaktor (s. Kapitel 3.4) von 0,9 auf 0,7 zu verringern.

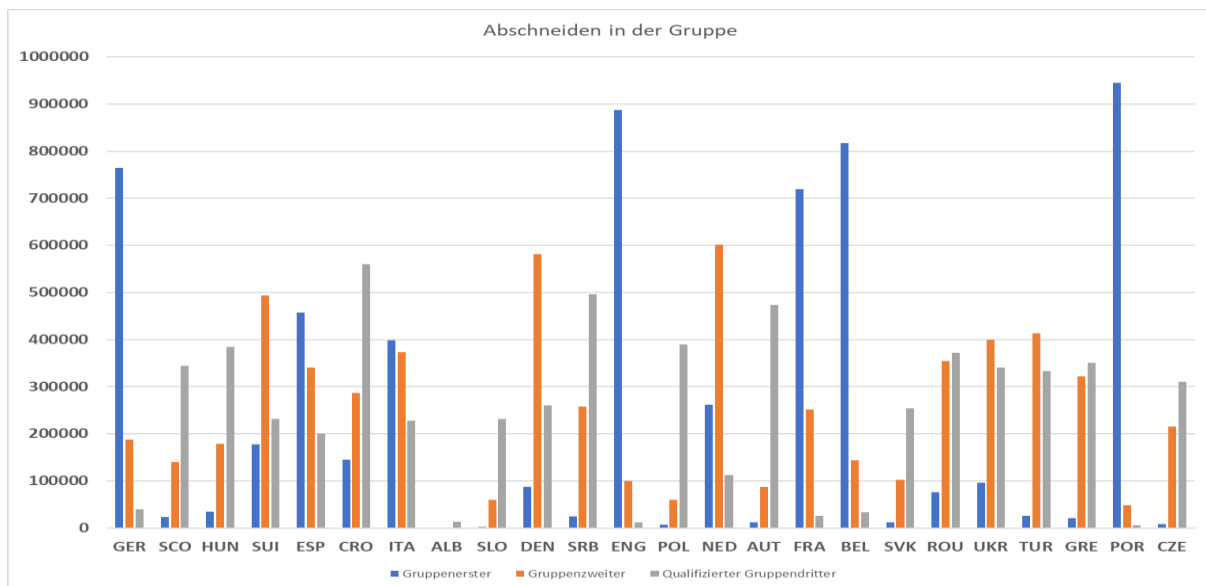
Die leicht veränderte Simulation mit Angriffsfaktor von 0,7 lieferte einen Torschnitt 2,745 Toren pro Spiel, welcher sogar etwas niedriger liegt, als der der letzten Europameisterschaft, die als bisher torreichste in die EM-Geschichte einging. Somit entschieden wir, diesen Wert auch für die Simulationen zur Heim-EM zu übernehmen.

Wir simulierten die Europameisterschaft 2024 1.000.000-mal mit der KOMBI60-Strategie, einmal mit und einmal ohne Turnierdynamik, um die Wahrscheinlichkeit jedes Landes auf den Turniersieg zu ermitteln.

4.2. Simulationen ohne Turnierdynamik

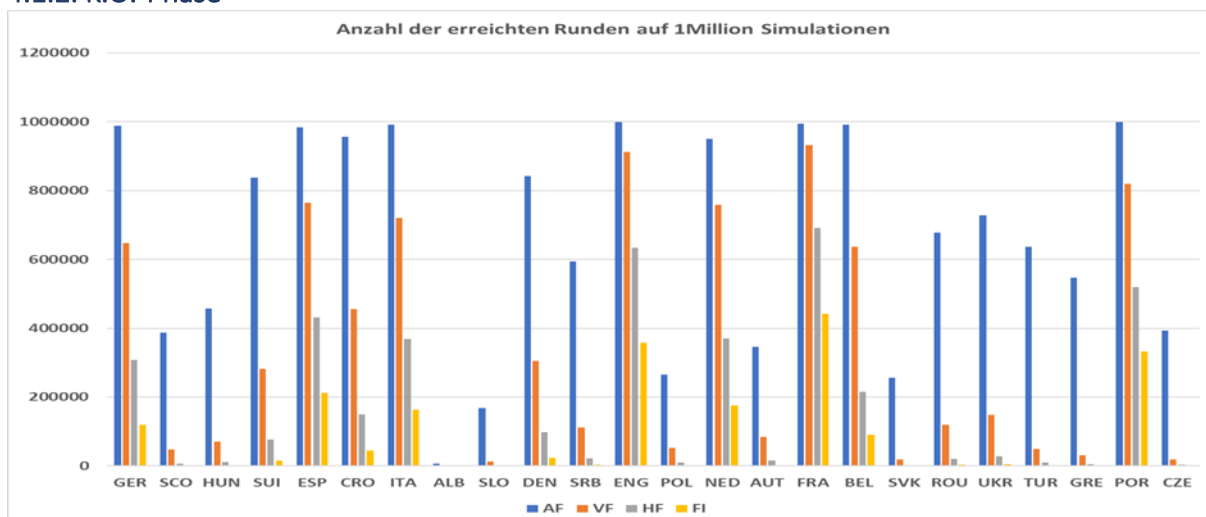
Im Folgenden sind die Wahrscheinlichkeiten jeder Nation auf den Europameistertitel dargestellt.

4.1.1. Die Vorrunde



In diesem Diagramm sind die Anzahlen der Qualifizierung für die K.O.-Phase dargestellt, aufgeteilt nach Platzierung in der Vorrundengruppe. Auffällig (wie erwartet) ist hier, dass die jeweils Gruppenbesten nach Weltrangliste die meisten Gruppensiege erspielen und sich nur selten als Gruppendritter qualifizieren. Für schwächere Mannschaften ist es natürlich schwieriger, sich für die K.O.-Phase zu qualifizieren, was sich hier deutlich abzeichnet.

4.1.2. K.O.-Phase



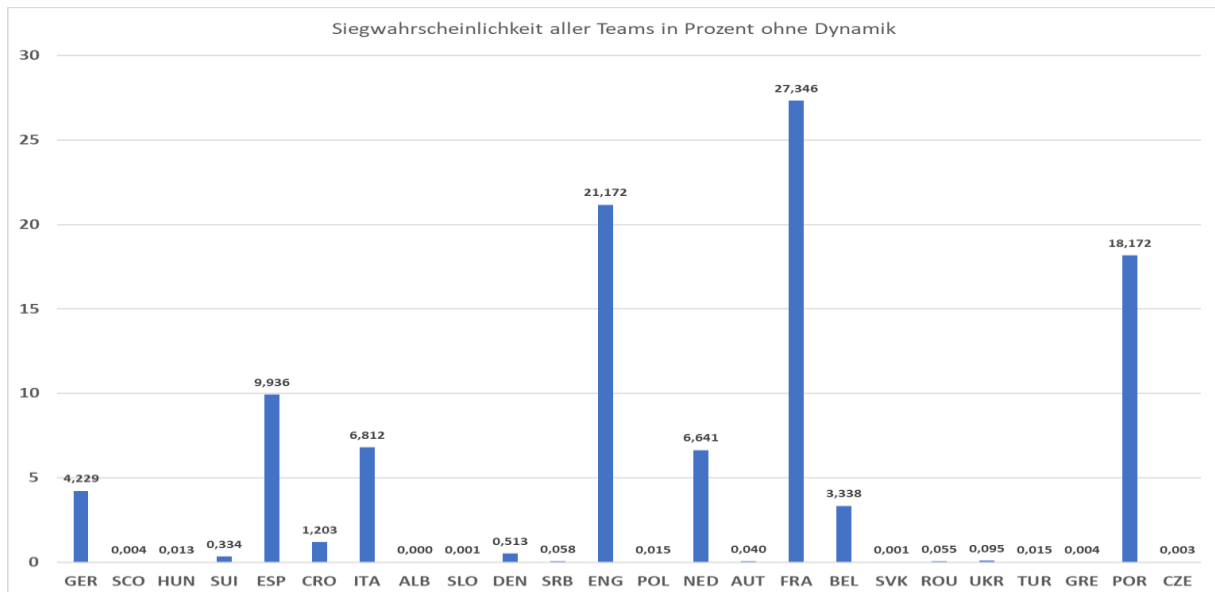
Frankreich ist aufgrund von hohen Marktwerten sowie höchster Punktzahl in der FIFA-Weltrangliste folglich das Land mit den häufigsten Finalteilnahmen. Allerdings gibt es hier wieder eine Vielzahl an Ländern, die das Finale zwar erreichten, aber es nur so selten gewannen, dass es in unserem Säulendiagramm nicht mehr sichtbar ist.

Albanien fällt als einziges Land auf, bei dem auch die Viertelfinal- und Halbfinalteilnahmen nicht sichtbar sind. Insgesamt erreichte Albanien in nur vier Fällen das Halbfinale, schied dann jedoch aus.

Weitere Außenseiter mit nur wenigen K.-O.-Phasen-Teilnahmen sind Schottland, Ungarn, Slowenien, aber auch Polen und Österreich, bedingt durch die stärkeren Gruppenmitglieder. Bei allen anderen Mannschaften ist jeder Balken im Diagramm sichtbar und die Anzahl der Teilnahmen an der nächsten Runde halbieren sich. Lediglich Frankreich und England sind so stark, dass in fast allen Fällen, in denen sie sich für das Achtelfinale qualifizieren, auch das Viertelfinale erreichen.

4.1.3. Die Finalisten und Europameister

Ein vorrangiges Ziel unseres Projektes bestand darin, bereits vor der EM zu wissen, welches Land die höchste Wahrscheinlichkeit besitzt, Europameister zu werden. Im Folgenden sind die Wahrscheinlichkeiten jeder Nation auf den Europameistertitel dargestellt.



Auffällig ist zunächst, dass bereits ein Großteil der Siege nur zwischen drei großen Fußballnationen (Portugal mit 18,172 %, England mit 21,172 % und Frankreich mit 27,346 %) aufgeteilt werden. Sie kommen also auf ca. 65% aller Turniersiege, während andere Nationen, wie Slowenien, Serbien, etc. das Finale kaum, im Falle von Albanien sogar nie erreichen. Der erweiterte Favoritenkreis besteht aus Spanien (9,936%), Italien (6,812%) der Niederlande (6,641%) und Belgien (3,338%). Deutschland besitzt eine Titelwahrscheinlichkeit von 4,229%, hierbei handelt es sich um die siebthöchste Wahrscheinlichkeit auf einen Sieg. Es lässt damit Belgien (3,338%) und Kroatien (1,203%) hinter sich. Alle anderen Teams, darunter auch nicht ganz so schwache Fußballnationen wie die Schweiz, Dänemark oder Österreich kommen nicht über die 1% hinaus.

4.1.4. Zum Abschneiden der deutschen Nationalmannschaft

Uns interessierte auch bereits von Anfang unseres Projektes an, wie gut Deutschland in unserer Simulation abschneiden wird. Nun präsentieren wir die Ergebnisse zur Untersuchung der Chancen der

	G1	G2	G3	G4
	76,412	18,779	3,978	0,831
	AF	VF	HF	FI
	987771	647405	308255	119850
	Sieg%	Vize	Dritter	
Deutschland	4,229	7,756	18,841	

deutschen Nationalmannschaft. Relativ sicher (zu 98,777%) erreicht Deutschland das Achtelfinale (zu 76,412 % als Gruppenerster, zu 18,779 % als Zweiter der Vorrundengruppen

und zu nur 3,978 % muss es auf eine möglichst schlechte Bilanz der anderen Gruppendritten hoffen, um sich für die K.-O.-Phase zu qualifizieren) somit scheitert es mit nur 0,831 Prozent in der Vorrunde, die auch von Experten als eine der Schwächsten eingeschätzt wird! Im Viertelfinale nimmt es noch mit einer Wahrscheinlichkeit von 64,74% teil. Am häufigsten scheitert es im Viertelfinale. Insgesamt steht es in ca. 11% der Fälle im Finale, muss sich dann aber häufig geschlagen geben. Es besitzt, wie schon bereits beschrieben mit 4,229 % die siebthöchste Wahrscheinlichkeit auf einen Turniersieg.

Deutschland darf sich also auf das Erreichen des Viertelfinals, an denen die acht besten Teams teilnehmen, mindestens aber auf die Qualifikation für die K.O.-Phase einstellen.

4.3. Simulationen mit Turnierdynamik

Wie schon in Kapitel 3.9 beschrieben, entschieden wir uns dazu, die Spiele auch unter Zuhilfenahme der Turnierdynamik zu simulieren. Unsere Ergebnisse dieser Strategie ähnelten zwar denen, die wir ohne Turnierdynamik erhielten, wiesen allerdings einige Unterschiede auf:

- Die Wahrscheinlichkeit auf einen Sieg der „Fußball-Großmächte“ sinkt um ein paar Prozentpunkte (z.B. Frankreich; von 27,346 auf 25,571 %), während hingegen die Chance der kleinen Fußballnationen steigt (z.B. Polen von 0,015 auf 0,019 %).
- Somit steigt auch die Wahrscheinlichkeit schwächerer Länder auf einen besseren Abschluss in der Vorrundengruppen, bzw. das Erreichen einer möglichst „finalen“ Runde.
- Dennoch bleibt Albanien bei einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit auf den Europameistertitel
- Auch die Bilanzen der deutschen Mannschaft bessern sich durch die Turnierdynamik. Die Wahrscheinlichkeit auf einen zweiten Titel im eigenen Land steigen von 4,227 % auf 4,587 %. Unsere Nationalmannschaft kann durchaus nach überzeugenden Siegen gegen die vermeintlich schwächeren Vorrundengegner an Selbstvertrauen gewinnen.

5. Fazit und Ausblick

Im Vergleich der Ergebnisse einer Simulation mit den Ergebnissen einer großen Anzahl von menschlichen Tippern wird deutlich, dass ein Auswürfeln von Spielresultaten oder eine Strategie ohne Berücksichtigung von Mannschaftsstärken signifikant schlechter abschneidet. Füttert man die Simulation mit objektiven Daten, so wird sie schnell dem durchschnittlichen menschlichen Tipper überlegen. Man könnte diese Simulation also nutzen, um Gewinnchancen bei Wetten oder Tippspielen zu optimieren. Im Vergleich mit Wettquoten, die sich ja nach den Tipps der Teilnehmer ergeben, könnte man sicher mögliche Gewinne mithilfe der Ergebnisse einer geeigneten Computersimulation optimieren.

In Kapitel 4.2 und 4.3 haben wir die Chancen der einzelnen Nationalteams nach dem aktuellen Datenstand dargestellt. Bis zum EM-Start gibt es sicherlich noch Möglichkeiten, unsere Simulations-Strategie weiter zu verbessern.

Grundsätzlich haben die Fußballgroßmächte Portugal, England und Frankreich, die größte Wahrscheinlichkeit Europameister zu werden, aber auch die Chance der schwächeren Mannschaften ist nicht gleich null! Mit einer Entwicklung während des Turniers (in unserem Programm als Turnierdynamik bezeichnet) sind auch für Länder wie Slowenien und Serbien Turniersiege möglich,

wenn auch unwahrscheinlich. Deutschland darf sich mit einer Europameister-Wahrscheinlichkeit von knapp 5% nicht Hauptfavorit auf den Turniersieg nennen. Dieser ist dennoch nicht ausgeschlossen, da Deutschland die siebthöchste Gewinnwahrscheinlichkeit besitzt. Am häufigsten scheidet Deutschland im Viertelfinale aus. Wir hoffen, dass es bei der Heim-EM dann tatsächlich besser läuft, vielleicht ist der Heimvorteil auch noch ein entscheidender Faktor. Bisher haben wir in der Simulation auf einen Heimbonus verzichtet, da die Euphorie unter den deutschen Fans noch nicht besonders zu spüren ist und der Heimvorteil bei den vergangenen Länderspielen auf dem Platz nicht umgesetzt werden konnte. Wir werden unsere Simulation vor der EM mit den aktuellen verfügbaren Daten durchführen und dann den PC mit Tipps in der genauen Anzahl unserer Teilnehmer, bei unserem Tippwettbewerb antreten lassen. Interessierte werden dann die Tipps online einsehen können und wir sind schon gespannt, wie unsere Simulation abschneidet. Aus diesem Grund versuchen wir bei unseren Teilnehmern auch das Fußballinteresse zu erfragen, um dann einen Vergleich mit verschiedenen Teilnehmerkategorien anstellen zu können. Je nach Ausgang der Spiele kann natürlich auch ein Laie, oder Zufallstipper gewinnen. Auf jeden Fall sind wir dann im Juni nicht nur auf die EM-Spiele und das Abschneiden unserer Kicker gespannt, sondern auch auf den Vergleich der künstlichen mit der menschlichen Intelligenz bei unserem Tippwettbewerb.

6. Quellen und Hilfsmittel

<https://www.transfermarkt.de/> (Letzter Aufruf am Samstag, den 13. Januar, 15:19)

<https://www.uefa.com/> (Letzter Aufruf am Freitag, den 12. Januar, 14:42)

<https://www.fifa.com/de/fifa-world-ranking/procedure-men> (Letzter Aufruf am Mittwoch, den 10. Januar, 17:00)

<https://www.fifa.com/de/fifa-world-ranking/men> (Letzter Aufruf am Mittwoch, den 10. Januar, 17:00)

- Für die Simulationen genutzt: Programmierumgebung Lazarus
- Für die Auswertungen genutzt: EXCEL von Microsoft

7. Danke für die Unterstützung

Wir bedanken uns bei unserem Projektbetreuer Herrn Eberhardt, der uns das Programmieren in den Ferien erläuterte und uns bei auftretenden Problemen beim Erstellen unserer Untersuchungsprogramme unterstützte.

Zudem danken wir allen Lehrern, die uns Unterrichtszeiten zum Forschen zur Verfügung stellten.