DIPLOMARBEIT ELEKTROTECHNIKER HF

Pflichtenheft

DartVision — Automatisches Darterkennungssystem

Kamerabasierte Erkennung und Auswertung von Dartwürfen



Dieses Bild wurde vollständig durch das KI-Tool ChatGPT Design generiert. Logo und Namen wurden vorgegeben.

DIPLOMAND	Timo Meier, Chäppelimatte 11, 4806 Wikon
KLASSE / ABTEILUNG	O-TEL-23-T-a · Elektrotechniker HF
KONTAKT	meier.timo@hotmail.com · +41 78 883 60 66
DIPLOMLEHRER	Thomas Bouchard, TEKO Schweizerische Fachschule
ART DER ARBEIT	Privates Eigenprojekt (keine Firma)
DOKUMENTVERSION	Version 2.0 · Status: Entwurf zur Genehmigung

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3
1.1 Ausgangslage 3
1.2 Marktübersicht und Abgrenzung 3
1.3 Herkunft der Idee 3
2 Fachexperte 4
3 Inhalt der Arbeit 5
3.1 Richtziel 5
3.2 Systemübersicht 5
3.3 Endergebnisse 6
3.4 Erfolgskriterien 7
3.5 Funktionale und technische Anforderungen 8
3.6 Abgrenzungen 10
3.7 Zukauf und Eigenleistung 10
3.8 Termine und Meilensteine 12

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Beim klassischen Steeldart muss der Punktestand nach jeder Aufnahme von Hand abgelesen, subtrahiert und notiert werden. Das unterbricht den Spielfluss und ist fehleranfällig — Ablese-, Rechen- und Übertragungsfehler gehören zum Alltag jedes Dartabends. In dieser Diplomarbeit entsteht ein automatisches Darterkennungssystem, das geworfene Dartpfeile mit drei Kameras selbstständig erkennt, der korrekten Wertungszone zuordnet und den Punktestand automatisch führt.

1.2 Marktübersicht und Abgrenzung

Auf dem Markt existieren bereits kamerabasierte Auswertungssysteme für Steeldart. Die beiden relevantesten:

- Autodarts (autodarts.io): Ein community-getriebenes System aus drei Kameras und einer Auswertungssoftware. Die Erkennung läuft lokal, Spielverwaltung und Mehrspielerbetrieb setzen jedoch ein Benutzerkonto und eine Internetverbindung zur Plattform voraus. Kamerahalterungen und Rechner sind selbst zu beschaffen.
- Scolia: Ein kommerzielles Komplettsystem mit hoher Erkennungsgüte. Anschaffungskosten im Bereich von rund 1000 Franken aufwärts, geschlossenes System, auf eine Internetanbindung ausgelegt.

DartVision unterscheidet sich von beiden in zwei Punkten: Erstens arbeitet das System vollständig eigenständig — Erkennung, Spiellogik, Anzeige und Lichtsteuerung laufen lokal auf eigener Hardware und benötigen weder Internetanbindung noch Benutzerkonto. Das System spannt sein eigenes Funknetz auf und ist damit an jedem Ort betriebsbereit. Zweitens ist es als preiswertes Gesamtsystem aus frei erhältlichen Komponenten konzipiert.

1.3 Herkunft der Idee

Die Idee entstand aus eigenem Interesse am Dartsport in Verbindung mit der Berufspraxis in der Mikrocomputer- und Embedded-Technik. Eine Anfrage aus dem Freundeskreis nach einem preiswerten System für privat organisierte Dartturniere bestätigte den Bedarf. Die Arbeit verbindet Hardwareaufbau, Bildverarbeitung, Softwareentwicklung, Netzwerktechnik und Projektmanagement zu einer praxisnahen Gesamtlösung und dient zugleich als Nachweis, ein fachübergreifendes Projekt eigenständig von der Konzeption bis zur dokumentierten Inbetriebnahme führen zu können.

2 Fachexperte

Da es sich um ein privates Eigenprojekt handelt, übernimmt eine Person mit Expertenwissen im Arbeitsgebiet (Elektrotechnik / Embedded-Systeme / Softwareentwicklung) die Rolle des Fachexperten. Sie definiert die technischen Anforderungen an die Arbeitsergebnisse mit, genehmigt dieses Pflichtenheft mit ihrer Unterschrift und bewertet die Arbeit in Bezug auf die Lösung anhand des Bewertungsrasters der TEKO.

Vorname, Name	
Beruf	
Rolle / Funktion	
Adresse	
E-Mail	
Telefon	

Hinweis: Zum aktuellen Zeitpunkt wird die Diplomarbeit ohne Fachexperten durchgeführt.

3 Inhalt der Arbeit

3.1 Richtziel

Richtziel ist ein funktionsfähiger, betriebsbereiter Prototyp eines kamerabasierten Dart-Auswertungssystems auf Mikrocomputerbasis. Das System erkennt geworfene Dartpfeile automatisch, ordnet sie der korrekten Wertungszone zu (Single, Double, Triple, Bull, Bullseye, Fehlwurf) und führt den Spielstand für die Spielvarianten 501 und 301 für ein bis zwei Spieler zuverlässig und regelkonform. Relevante Spielereignisse werden über ein Touch-Display und ein LED-Band zurückgemeldet. Das System arbeitet autark in einem eigenen Funknetz und ist nach dem Einschalten ohne weitere Eingriffe betriebsbereit.

3.2 Systemübersicht

Das System besteht aus drei Teilsystemen mit klar definierten Schnittstellen: der Erkennungseinheit (Mikrocomputer mit drei Kameras), der Anzeigeeinheit (Mikrocomputer mit Touch-Display) und der Lichteinheit (LED-Controller mit adressierbarem LED-Band im Kameraring). Die Einheiten kommunizieren über ein eigenes WLAN, dessen Zugangspunkt die Erkennungseinheit aufspannt. Die Energieversorgung erfolgt zentral aus einem Kleinspannungsnetzteil mit abgesicherter Verteilung.

Die konkrete Auswahl der Komponenten — Mikrocomputer, Kameras, Display, LED-Controller und Netzteil — erfolgt im Rahmen der Diplomarbeit anhand einer dokumentierten Evaluation gegen die in Kapitel 3.5 festgelegten Anforderungen (siehe A23).

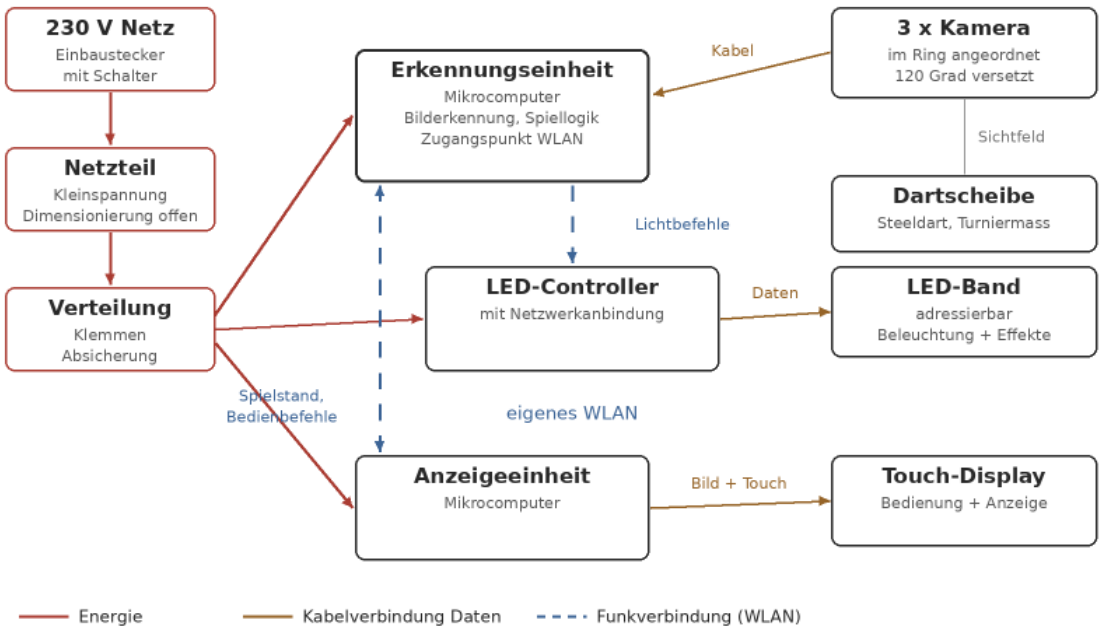


Abbildung 1: Funktionsblöcke und Schnittstellen — Energieverteilung (rot), Kabelverbindungen (braun), Funkverbindungen (blau)

Umsystem und Schnittstellen: Das System benötigt einzig einen Netzanschluss 230 V. Es besteht keine Abhängigkeit von fremder Netzwerkinfrastruktur, Internetzugang oder externen Diensten. Ein Laptop kann sich zu Wartungszwecken als zusätzlicher Teilnehmer mit dem Funknetz verbinden (SSH-Fernzugriff); für den Spielbetrieb ist er nicht erforderlich.

3.3 Endergebnisse

Die Arbeit liefert die folgenden sieben Endergebnisse (E1 bis E7 gemäss Themeneingabe):

Nr.	Endergebnis	Beschreibung
E1	Hardware-Prototyp	Betriebsbereiter Aufbau: Dartscheibe mit drei kreisförmig angeordneten Kameras (120 Grad versetzt), Mikrocomputer, Touch-Display und ansteuerbares LED-Band; zentrale, abgesicherte Kleinspannungsversorgung mit einem Netzanschluss.
E2	Erkennungssoftware	Automatische Erkennung der Dartpfeile aus den drei Kamerabildern und Zuordnung zur Wertungszone (Single/Double/Triple/Bull/Bullseye/Fehlwurf) auf Basis einer kalibrierten Boardgeometrie.
E3	Spiellogik	Spielvarianten 501 und 301 für ein bis zwei Spieler mit automatischer Punktestandführung, Überwurf- und Double-Out-Regeln.
E4	Bedienoberfläche	Touch-Bedienung auf dem Display: Menü mit Spielauswahl, Spielansicht mit aktuellem Punktestand, Wurfanzeige, Checkout-Hinweis und Average; manuelle Korrektur jedes Darts der laufenden Aufnahme einschliesslich Nachtragen nicht erkannter Würfe und Erfassen von Fehlwürfen — ohne Spielabbruch.
E5	LED-Ereignisrückmeldung	Farbliche Rückmeldung definierter Spielereignisse (Startsequenz, Überwurf, Sieg) über das LED-Band; im Spielbetrieb dient das Band als konstante Kamerabeleuchtung.
E6	Autarker Netzwerk- und Startbetrieb	Eigenes WLAN, das die Erkennungseinheit aufspannt und in dem sich Anzeigeeinheit und LED-Controller automatisch anmelden; alle Teilsysteme starten nach dem Herstellen der Netzspannung selbstständig und sind ohne weitere Eingriffe innerhalb von drei Minuten spielbereit.
E7	Projektdokumentation	Konzept, Plattform-Evaluation, Aufbau- und Schaltungsübersicht und Testprotokoll

Abweichung zur Themeneingabe: Die dort genannte separate «Weiter»-Funktion bei nicht erkanntem Wurf wurde durch eine funktional gleichwertige, einheitliche Lösung ersetzt — das Nachtragen über den Korrekturdialog (E4).

3.4 Erfolgskriterien

Die Arbeit gilt als erfolgreich, wenn die folgenden Kriterien erfüllt und nachgewiesen sind:

Nr.	Erfolgskriterium	Nachweis
K1	Der Hardware-Prototyp ist vollständig aufgebaut und betriebsbereit; alle drei Kameras, das Display und das LED-Band werden vom System angesteuert.	Inbetriebnahmeprotokoll, Vorführung
K2	In einem definierten Testlauf (25 Würfe) werden mindestens 80 Prozent der regulär geworfenen Pfeile korrekt der Trefferzone zugeordnet (Segment und Ring).	Testprotokoll mit Einzelwerten
K3	Die Varianten 501 und 301 laufen für ein bis zwei Spieler regelkonform einschliesslich Überwurf- und Double-Out-Regel; der Punktestand wird über ein vollständiges Testspiel hinweg korrekt geführt.	Testspielprotokoll, automatisierte Tests der Spiellogik
K4	Menü und manuelle Korrektur sind am Touch-Display bedienbar; ein Fehlwurf oder Erkennungsfehler lässt sich ohne Spielabbruch korrigieren, nachtragen oder als Fehlwurf erfassen.	Vorführung definierter Korrekturfälle
K5	Die definierten Spielereignisse lösen in mindestens 8 von 10 Fällen die jeweils korrekte LED-Farbe aus.	Testprotokoll
K6	Das System läuft im eigenen Funknetz ohne fremde Netzwerkinfrastruktur und ist nach dem Herstellen der Netzspannung ohne weitere Eingriffe innerhalb von drei Minuten spielbereit.	Vorführung Kaltstart
K7	Die Dokumentation liegt vollständig vor und ermöglicht das Nachvollziehen und den Nachbau des Systems.	Abgegebene Dokumentation

3.5 Funktionale und technische Anforderungen

Die folgenden Anforderungen konkretisieren die Endergebnisse. Alle Anforderungen sind verbindlich (Muss-Anforderungen).

Erkennung und Wertung

ID	Anforderung	Kriterium
A1	Das System erkennt einen geworfenen Dart automatisch und zeigt die Wertung auf dem Display an.	Anzeige innerhalb von 5 s nach dem Einstich
A2	Die Zuordnung erfolgt zu Segment (1-20, Bull) und Ring (Single, Double, Triple, Bull, Bullseye).	mind. 80 % korrekt bei 25 Würfen (K2)
A3	Das Ziehen der Darts erzeugt keine zusätzlichen Wertungen (Schutz vor Doppelwertung).	Testprotokoll: Ziehen nach jeder Aufnahme
A4	Eine Aufnahme umfasst drei Darts; danach wartet das System auf das Entfernen, bevor neu gewertet wird.	Vorführung
A5	Vor dem Spielstart prüft das System die korrekte Zuordnung der drei Kameras. Bei einer Abweichung wird der Start nicht selbstständig fortgesetzt, sondern eine Warnung mit den Messwerten angezeigt; das Fortsetzen erfordert eine ausdrückliche Bestätigung durch den Bediener.	Vorführung Prüfablauf mit vertauschter Kamer

Spiellogik

ID	Anforderung	Kriterium
A6	Spielvarianten 501 und 301, wählbar am Display; ein oder zwei Spieler; Double-Out zuschaltbar.	Vorführung Spielstart
A7	Überwurf (Bust) stellt den Reststand der Aufnahme zurück und beendet sie regelkonform. Sieg nur mit gültigem Abschlusswurf bei aktivem Double-Out.	automatisierte Tests, Testspiel
A8	Der Spielzustand wird bei jeder Änderung vollständig an die Anzeige übertragen. Nach einem Verbindungsunterbruch ist die Anzeige mit der ersten Nachricht wieder synchron.	Vorführung: Neustart der Anzeige im laufenden Spiel

Bedienung und Korrektur

ID	Anforderung	Kriterium
A9	Jeder Dart der angezeigten Aufnahme ist am Touch-Display korrigierbar: Wert ändern, als Fehlwurf setzen, löschen.	Vorführung definierter Fälle
A10	Ein nicht erkannter Dart lässt sich über die leere Wurfkachel nachtragen.	Vorführung

ID	Anforderung	Kriterium
A11	Unmittelbar nach einem Spielerwechsel bleibt die letzte Aufnahme des vorherigen Spielers korrigierbar.	Vorführung
A12	Korrekturen wirken regelkonform: Ein durch Korrektur entstehender oder entfallender Überwurf beziehungsweise Sieg wird automatisch richtig behandelt.	automatisierte Tests
A13	Nach Spielende bietet die Anzeige ein neues Spiel mit gleichen Einstellungen oder die Rückkehr ins Hauptmenü an.	Vorführung
A14	Die Bedienoberfläche läuft im Vollbild auf der gewählten Displayauflösung; Punktestände sind aus 2.37 Metern Entfernung ablesbar, Schaltflächen sind fingertauglich dimensioniert.	Sichtprüfung am Aufbau

Licht

ID	Anforderung	Kriterium
A15	Im Spielbetrieb leuchtet das LED-Band konstant weiss als Kamerabeleuchtung.	Sichtprüfung
A16	Definierte Ereignisse lösen Farbeffekte aus: Startsequenz beim Systemstart, Überwurf, Sieg. Effekte erfolgen nur an Aufnahmegrenzen, damit die Bilderkennung nicht gestört wird; danach kehrt das Band selbstständig zu Weiss zurück.	Testprotokoll 8 von 10 (K5)

Betrieb und Netzwerk

ID	Anforderung	Kriterium
A17	Das System spannt ein eigenes WLAN auf; Anzeige und LED-Controller verbinden sich automatisch. Fremde Netzwerkinfrastruktur ist nicht erforderlich.	Vorführung ohne Heimnetz
A18	Nach dem Herstellen der Netzspannung starten alle Teilsysteme selbstständig; das System ist ohne Tastatur, Maus oder Laptop innerhalb von drei Minuten spielbereit.	Vorführung Kaltstart (K6)
A19	Ein Laptop kann sich zu Wartungszwecken mit dem Funknetz verbinden (SSH); für den Spielbetrieb ist er nicht erforderlich.	Vorführung
A20	Die Energieversorgung erfolgt aus einem zentralen Netzteil mit abgesicherter Verteilung und einem einzigen Netzanschluss 230 V. Die Dimensionierung erfolgt anhand einer Lastberechnung über alle Verbraucher mit Reserve.	Aufbaukontrolle, Schaltungsübersicht

Komponentenauswahl

ID	Anforderung	Kriterium
A21	Die Auswahl der Komponenten (Mikrocomputer, Kameras, Display, LED-Controller, Netzteil) erfolgt im Rahmen der Arbeit anhand einer dokumentierten Evaluation gegen die Anforderungen dieses Kapitels.	Evaluationskapitel in der Dokumentation
A22	Die Kameras liefern eine Auflösung, die die geforderte Erkennungsgüte nach K2 ermöglicht, und lassen sich am gewählten Mikrocomputer gleichzeitig betreiben.	Nachweis im Testprotokoll
A23	Der Mikrocomputer der Erkennungseinheit verarbeitet drei Kamerabilder gleichzeitig und stellt gleichzeitig einen WLAN-Zugangspunkt bereit.	Dauerlauftest unter Volllast
A24	Das Netzteil ist auf den maximalen Gesamtstrom aller Verbraucher mit Reserve ausgelegt; die Auslegung wird rechnerisch und messtechnisch nachgewiesen.	Lastberechnung und Strommessung
A25	Das Display ist als Touch-Display ausgeführt und ohne zusätzliche Eingabegeräte bedienbar.	Vorführung

3.6 Abgrenzungen

Nicht Bestandteil dieser Arbeit sind:

- Weitere Spielvarianten (z. B. Cricket, Shanghai) über 501/301 hinaus
- Eingabe von Spielernamen; die Spieler werden als Player 1 und Player 2 geführt
- Spielhistorie und Statistikauswertung über den laufenden Average hinaus
- Internet-, Cloud- oder App-Anbindung sowie Online-Mehrspielerbetrieb
- Erkennung von abgeprallten Darts (Bounce-Outs), die nicht im Board stecken bleiben; solche Würfe werden über die Korrekturfunktion erfasst
- Produktzertifizierung (z. B. CE) und Serienreife; es entsteht ein dokumentierter Prototyp

3.7 Zukauf und Eigenleistung

Zugekaufte Produkte und übernommene Komponenten:

Komponente	Art
Mikrocomputer für Erkennungs- und Anzeigeeinheit inkl. Speichermedien	Zukauf Hardware
3 x Kamera mit Kabelanbindung	Zukauf Hardware
Touch-Display	Zukauf Hardware
LED-Controller mit Netzwerkanbindung, adressierbares LED-Band	Zukauf Hardware

Komponente	Art
Netzteil, Verteil- und Sicherungsmaterial, Material für Gehäuse und Halterungen	Zukauf Hardware
Steeldartscheibe (Turniermass) mit Umrandung	Zukauf Hardware
Firmware des LED-Controllers (quelloffen)	Übernommen, nur konfiguriert
Betriebssystem der Mikrocomputer, Programmbibliotheken für Bildverarbeitung und Oberfläche	Übernommen als Basis

Eigenentwicklung und Eigenleistung im Rahmen der Arbeit:

Leistung	Art
Konzeption des Gesamtsystems, Plattform-Evaluation und Komponentenwahl	Eigenleistung Konzept
Konstruktion und Fertigung der Displayhalterungen sowie des Trägeraufbaus	Eigenleistung Mechanik
Druck der Kamera- und LED-Halterung per 3D Druck (keine Eigenkonstruktion)	Eigenleistung Fertigung
Konstruktion und Druck der Mikrocomputer-Gehäuse	Eigenleistung Mechanik
Elektrischer Aufbau: Energieverteilung, Absicherung, Verdrahtung, Inbetriebnahme mit Messprotokollen	Eigenleistung Elektro
Anzeige-Anwendung für das Touch-Display einschliesslich Bedienkonzept und Gestaltung	Eigenentwicklung Software
Gesamte Projektdokumentation einschliesslich Testprotokollen	Eigenleistung Dokumentation

Eigenentwicklung Software (KI-unterstützt)

Leistung	Art
Gesamte Erkennungssoftware: Kalibrierung (Linsenkorrektur, Boardgeometrie), Hintergrunddifferenz, Linienfusion der drei Kameraansichten, Wertungslogik mit Schutz vor Doppelwertungen	Eigenentwicklung Software (KI-Unterstützt)
Gesamte Spiellogik einschliesslich Korrekturfunktion, mit automatisierter Testabdeckung	Eigenentwicklung Software (KI-Unterstützt)
Netzwerkkonzept (eigenes WLAN, Protokoll zwischen den Teilsystemen) und Selbststart	Eigenentwicklung Software (KI-Unterstützt)

Die in dieser Tabelle aufgeführten Softwarekomponenten werden in Zusammenarbeit mit einem KI-gestützten Entwicklungswerkzeug (Claude Code) erarbeitet. Der Grund liegt in der Komplexität dieser Teilsysteme, welche über das im Bildungsgang vermittelte Wissen hinausgeht. Die Live-Bildauswertung mit Linsenkorrektur, Hintergrunddifferenz und Fusion

mehrerer Kameraansichten war ebenso wenig Bestandteil der Studienfächer wie die automatisierte Testabdeckung und die netzwerkseitige Kopplung mehrerer eigenständiger Teilsysteme.
Der Aufbau der Software wird vorgängig eigenständig durch Recherche ermittelt und in klar abgegrenzte Funktionsblöcke unterteilt. Diese werden anschliessend schrittweise umgesetzt. Konzept, Vorgaben, Integration, Inbetriebnahme sowie Test und Verifikation liegen beim Verfasser. Die künstliche Intelligenz dient als Hilfsmittel zur Codeerstellung und ersetzt die konzeptionelle Arbeit nicht. Die Verantwortung für Funktion und Nachvollziehbarkeit des Gesamtsystems verbleibt vollumfänglich beim Verfasser.

3.8 Termine und Meilensteine

Termin	Meilenstein
23.08.2026	Abgabe dieses Pflichtenhefts an den Diplomlehrer (Word-Dokument per E-Mail)
Bis 14.09.2026	Genehmigung und Unterschrift durch den Fachexperten
14.09.2026	Start der Diplomarbeit; Entgegennahme der offiziellen Aufgabenstellung (TEAMS)
28.09.2026	Vorzeigetermin 1: Ziele, Projektplanung, aufgetretene Probleme
16.10.2026	Vorzeigetermin 2: Standortbestimmung, Struktur der Dokumentation
09.11.2026	Abgabe der Diplomarbeit