

Technisch advies rapport Fishsee

12-06-2024

INF1B

*Jarno Bachmann – Peter Möller - Noah Rumahloine
Daan Rijfers – Aaron de Bruin – Bram Huiskes - Daniël Tukker*

Opdrachtgevers:
Gerjan van Oenen
Bart Oerlemans

Samenvatting

Dit verslag onderzoekt het ontwerp, de ontwikkeling en de toepassing van een geautomatiseerd aquariummonitorsysteem dat is ontworpen om het welzijn van aquariumvissen te verbeteren en het onderhoud voor aquariumbezitters te vereenvoudigen.

Het systeem maakt gebruik van verschillende sensoren en technologieën om een breed scala aan waterparameters te meten en te reguleren, zoals pH-niveaus, temperatuur, watercirculatie, verlichting en voeding. Een geïntegreerde mobiele app informeert eigenaren in real-time over belangrijke gebeurtenissen en afwijkingen, waardoor snelle interventie mogelijk is.

De primaire doelgroep van het systeem omvat aquariumbezitters die een eenvoudig te gebruiken systeem nodig hebben voor het bewaken van de gezondheid en het welzijn van hun vissen. Daarnaast zijn ook aquariumwinkels, leveranciers van huisdierbenodigdheden, dierenwelzijnsorganisaties en technologiebedrijven betrokken belanghebbenden. Deze groepen hebben uiteenlopende behoeften, variërend van educatieve ondersteuning en verhoogde productvraag tot verbeterd dierenwelzijn en innovatiemogelijkheden.

Het systeem is opgebouwd rond een Arduino-microcontroller die de gegevens van de sensoren verzamelt en via WiFi naar een back-end server stuurt. Deze server, draaiend op een Linux-platform met Apache als webserver, verwerkt en slaat de gegevens op, waarna de mobiele applicatie de gegevens ophaalt en aan de gebruiker presenteert. De communicatie tussen de Arduino, de backend server en de mobiele applicatie wordt verzorgd door HTTP-verzoeken, met behulp van een Laravel backend en een React Native front-end voor de app.

Voor de hardware-integratie zijn specifieke componenten zoals een pH-sensor, een troebelheidssensor en een waterpompsensor aangesloten op een Arduino Uno WiFi met behulp van een Grove shield en eventueel een breadboard voor extra verbindingen. Deze opstelling zorgt ervoor dat alle sensoren eenvoudig kunnen worden aangesloten en data betrouwbaar kunnen worden verzameld en verzonden.

De softwarearchitectuur zorgt voor een naadloze interactie tussen de hardware en de gebruikersinterface. Gebruikers kunnen via de mobiele applicatie in real-time de waterkwaliteit van hun aquarium monitoren en meldingen ontvangen bij afwijkende waarden, zodat ze snel en adequaat kunnen ingrijpen. Bovendien biedt de app controle over onderhoudsapparatuur zoals pompen en verlichting, en ondersteunt deze data-analyse en rapportage over langere perioden.

Het systeem maakt gebruik van RAID 1 voor dataopslag, vanwege de hoge mate van gegevensbescherming en betrouwbaarheid die het biedt. Alle data worden opgeslagen op een fysieke Linux-server, wat bijdraagt aan de stabiliteit en veiligheid van het systeem.

Het volgende hoofdstuk gaat in op de verschillende sensoren die worden gebruikt in het aquariummonitorsysteem, inclusief hun functies zoals pH-meting, temperatuurregistratie en detectie van ammoniak- en nitraatconcentraties. Er wordt dieper ingegaan op de kalibratie- en onderhoudsprocedures om de nauwkeurigheid van metingen te waarborgen, samen met typische problemen zoals sensorfouten en oplossingen daarvoor.

Vergelijkbare producten op de markt, zoals Seneye Reef en Apex Classic van Neptune Systems, worden besproken in het daaropvolgende hoofdstuk. Sterke punten van het

ontwikkelde systeem worden benadrukt, zoals unieke functionaliteiten en aanbevelingen voor verdere verbetering, waaronder automatisering, integratie met Smart Home Systemen en verbeterde gebruikersinterface.

Tot slot biedt het laatste hoofdstuk aanbevelingen voor verdere doorontwikkeling van het aquariummonitorsysteem, gebaseerd op gebruikersfeedback en markttrends. Lange termijn doelstellingen omvatten uitbreiding naar commerciële aquaria, integratie van AI voor voorspellend onderhoud en voortdurende technologische updates.

Inhoud

Voorwoord	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Samenvatting	2
Inleiding	5
Hoofdstuk 1: Productomschrijving	6
Hoofdstuk 2: Doelgroep en Gebruik	7
Hoofdstuk 3: Systeemarchitectuur	9
Hoofdstuk 4: Projectoverzicht	11
Hoofdstuk 5: Hardware	13
Hoofdstuk 6: Software	15
Hoofdstuk 7: Dataopslag	16
Hoofdstuk 8: Processen	19
Hoofdstuk 9: Sensoren	20
Hoofdstuk 10: Vergelijkbare Producten en Advies	22

Inleiding

Met de vooruitgang in technologie worden aquariums steeds slimmer, wat aquariumliefhebbers en eigenaren meer controle geeft over hun aquaria dan ooit tevoren. Slimme aquariums zijn uitgerust met sensoren en systemen die allerlei informatie verzamelen over waterkwaliteit, temperatuur, en de werking van apparaten zoals pompen en verlichting. Ondanks deze voordelen kan de informatie soms moeilijk te begrijpen zijn, en veel handmatige handelingen zijn nog steeds vereist, wat in strijd is met de wens om minder onderhoud te hebben.

Het hoofddoel van dit technisch adviesdocument is om ontwikkelaars en geïnteresseerde partijen te informeren over de functionaliteiten en voordelen van het Smart Aquarium systeem. We bieden een gedetailleerd overzicht van de huidige mogelijkheden van het product en introduceren nieuwe features die de gebruikerservaring kunnen verrijken.

Dit rapport is opgebouwd uit verschillende secties die een helder beeld geven van ons project. Na deze inleiding volgt een grondige beschrijving van de gebruikte software en hardware, evenals de voltooide functionaliteiten. Elke sectie biedt uitgebreide informatie over de verschillende aspecten van het project. We sluiten het rapport af met een conclusie en aanbevelingen voor toekomstige ontwikkelingen.

Hoofdstuk 1: Productomschrijving

1.1 Doel van het Systeem

Het doel van dit project is het ontwikkelen van een geautomatiseerd systeem voor het beheer van een aquarium. Dit systeem maakt gebruik van verschillende sensoren en technologieën om een geïntegreerd systeem te creëren dat zorgt voor het welzijn van de vissen en het gemak van de eigenaar vergroot. Het project richt zich op het monitoren en reguleren van belangrijke parameters zoals waterkwaliteit, watercirculatie, verlichting en voeding.

1.2 Parameters die worden gemonitord en gereguleerd

Het systeem monitort en reguleert de volgende parameters:

- **Waterkwaliteit:** Gemeten via pH-niveaus en turbiditeit. Wanneer de pH-waarde te hoog wordt, voegt het systeem automatisch een pH-tablet toe aan het aquarium om de pH-waarde te verlagen.
- **Watercirculatie:** Gereguleerd door een flow sensor en pomp.
- **Verlichting:** Gereguleerd door een lichtsensor.
- **Waterniveau:** Gemeten door een water level sensor.
- **Temperatuur:** Gemeten door een temperatuur sensor.
- **Voeding:** Een geautomatiseerde voederbak zorgt voor de regelmatige voeding van de vissen.

1.3 Informeren over belangrijke gebeurtenissen

Een belangrijk aspect van het systeem is de integratie van een mobiele app die de eigenaar in real-time meldingen stuurt over belangrijke gebeurtenissen zoals:

- Te hoge of lage pH-niveaus
- Gebrek aan watercirculatie
- Lage voedselvoorraad
- Temperatuurafwijkingen
- Onvoldoende waterniveau

Deze meldingen stellen de eigenaar in staat om snel te reageren en passende maatregelen te nemen om het welzijn van de vissen te waarborgen.

1.4 Voordelen van dit systeem

De implementatie van dit geautomatiseerde systeem biedt de volgende voordelen:

- **Eenvoudiger onderhoud:** Vermindert de noodzaak voor dagelijks handmatig onderhoud van de vissenkomp.
- **Verbeterde zorg:** Zorgt voor optimale leefomstandigheden voor de vissen door continue monitoring en regelmatige aanpassingen.
- **Efficiëntie:** Automatisering van veel voorkomende taken leidt tot tijdsbesparing en vermindert de kans op menselijke fouten.

- **Consistente voeding:** De geautomatiseerde voederbak zorgt ervoor dat de vissen op regelmatige tijden de juiste hoeveelheid voer krijgen.

1.5 Resultaat van het gebruik van dit systeem

Door de implementatie van het systeem wordt een hogere mate van zorg en efficiëntie bereikt, wat resulteert in een betere leefomgeving voor de vissen en gemoedsrust voor de eigenaar. Het systeem biedt continue monitoring en automatische aanpassingen om ervoor te zorgen dat de leefomstandigheden van de vissen optimaal blijven. Dankzij de automatisering van de pH-regulering, waarbij bij te hoge pH-waarden automatisch een pH-tablet wordt toegevoegd, en de geautomatiseerde voederbak worden de vissen consistent voorzien van de juiste omstandigheden en voeding, wat bijdraagt aan hun gezondheid en welzijn.

Hoofdstuk 2: Doelgroep en Gebruik

In dit hoofdstuk worden de behoeften en verwachtingen van de verschillende doelgroepen voor ons geautomatiseerde vissensysteem onderzocht. Daarnaast wordt besproken hoe feedback van gebruikers wordt verzameld en geïntegreerd om het systeem continu te verbeteren en aan te passen aan de wensen van de gebruikers. Ten slotte worden mogelijke uitbreidingen en toekomstige functies beschreven die de doelgroepen nuttig zouden kunnen vinden.

2.1 Behoeften en Verwachtingen van de Doelgroep

2.1.1 Eigenaren van Huisdieren

De primaire doelgroep van het geautomatiseerde vissensysteem zijn eigenaren van huisdieren die een vissenkomp of aquarium bezitten. Hun belangrijkste behoeften en verwachtingen zijn:

- **Gezondheid en Welzijn van Vissen:** Een systeem dat helpt de gezondheid en het welzijn van hun vissen te bewaken en te handhaven door het monitoren van waterparameters zoals temperatuur, pH-waarde en zuurstofniveau.
- **Gebruiksgemak:** Een eenvoudig te gebruiken systeem met een intuïtieve interface, zodat zelfs eigenaren met weinig technische kennis het systeem effectief kunnen gebruiken.
- **Onderhoudsherinneringen:** Automatische meldingen voor routinematig onderhoud, zoals waterverversing en filterreiniging, om een optimale leefomgeving voor de vissen te garanderen.

2.1.2 Aquariumwinkels en Leveranciers van Huisdierbenodigdheden

Aquariumwinkels en leveranciers van huisdierbenodigdheden kunnen belang hebben bij het geautomatiseerde vissensysteem om de verkoop te stimuleren en klanten beter van dienst te zijn. Hun belangrijkste behoeften en verwachtingen zijn:

- **Verhoogde Vraag naar Producten:** Een geautomatiseerd systeem dat de vraag naar gerelateerde producten zoals waterbehandelingsmiddelen, visvoer en andere aquariumaccessoires verhoogt.
- **Educatieve Ondersteuning:** Informatie en trainingen over het systeem, zodat ze klanten effectief kunnen adviseren en ondersteunen bij het gebruik ervan.
- **Klantenbinding:** Een product dat bijdraagt aan klanttevredenheid en loyaliteit door hen te helpen hun aquaria beter te beheren.

2.1.3 Dierenwelzijnsorganisaties

Organisaties die zich inzetten voor het welzijn van dieren kunnen belangstelling hebben voor het geautomatiseerde vissensysteem vanwege de positieve impact op het welzijn van vissen. Hun belangrijkste behoeften en verwachtingen zijn:

- **Verbetering van Dierenwelzijn:** Een systeem dat bijdraagt aan het welzijn van de vissen door het nauwkeurig monitoren van waterkwaliteit en het geven van meldingen bij afwijkingen.
- **Bewustwording en Educatie:** Mogelijkheden om eigenaren te informeren en bewust te maken van het belang van goede verzorging en waterkwaliteit voor de gezondheid van hun vissen.
- **Samenwerking en Ondersteuning:** Een platform voor samenwerking met fabrikanten en gebruikers om continue verbetering en innovatie in het belang van dierenwelzijn te stimuleren.

2.1.4 Technologiebedrijven

Bedrijven die gespecialiseerd zijn in de productie van sensoren, actuatoren en mobiele applicaties kunnen belang hebben bij het geautomatiseerde vissensysteem als leveranciers van essentiële componenten en technologische oplossingen. Hun belangrijkste behoeften en verwachtingen zijn:

- **Innovatiemogelijkheden:** De mogelijkheid om nieuwe technologieën en producten te ontwikkelen en te testen binnen de context van het geautomatiseerde vissensysteem.
- **Markttuitbreiding:** Toegang tot een nieuwe markt voor hun sensoren, actuatoren en software-oplossingen.
- **Samenwerkingsverbanden:** Partnerschappen met fabrikanten van het vissensysteem voor gezamenlijke ontwikkeling en innovatie.

2.2 Verzameling en Integratie van Gebruikersfeedback

Het verzamelen en integreren van gebruikersfeedback is een doorlopend proces dat cruciaal is voor de verbetering en het succes van ons product. De volgende methoden worden gebruikt om feedback te verzamelen:

- **Enquêtes:** Regelmatige enquêtes worden verstuurd naar gebruikers om hun tevredenheid te meten en specifieke feedback te verzamelen over verschillende aspecten van het systeem.
- **Reviews:** Gebruikers kunnen reviews achterlaten in de app stores en op de website. Deze reviews worden regelmatig geanalyseerd om trends en veelvoorkomende problemen te identificeren.

- **Directe Feedback in de Mobiele Applicatie:** De mobiele applicatie bevat een functie waarmee gebruikers direct feedback kunnen geven. Deze feedback wordt direct naar het ontwikkelingsteam gestuurd voor beoordeling en actie.

Zodra de feedback is verzameld, wordt deze geanalyseerd en worden de meest urgente en waardevolle suggesties geïntegreerd in het ontwikkelingsplan. Dit zorgt ervoor dat het product blijft evolueren in lijn met de behoeften van de gebruikers.

Hoofdstuk 3: Systeemarchitectuur

In dit hoofdstuk wordt de systeemarchitectuur van het aquariummonitorsysteem beschreven. De systeemarchitectuur is essentieel voor het waarborgen van een effectieve en efficiënte werking van het systeem. De belangrijkste componenten van de architectuur worden besproken, evenals de wijze waarop gegevens door het systeem stromen en hoe de verschillende onderdelen met elkaar in verbinding staan.

3.1 Entity Relationship Diagram (ERD)

3.1.1 Wat is een ERD?

Een Entity Relationship Diagram (ERD) is een grafische weergave die de relaties tussen verschillende gegevensentiteiten binnen een systeem visualiseert. Het ERD helpt bij het structureren en organiseren van de gegevens die in het systeem worden gebruikt. In dit project wordt het ERD gebruikt om de relaties tussen sensoren, de Arduino, de backend server en de mobiele applicatie te tonen.

3.1.2 Toepassing van ERD in dit Project

In het aquariummonitorsysteem zijn de volgende entiteiten en hun relaties van belang:

- **Sensoren:** Meten verschillende waterparameters zoals temperatuur, pH-waarde en zuurstofniveau.
- **Arduino:** Verzamelt gegevens van de sensoren en stuurt deze door naar de backend server.
- **Back-end Server:** Ontvangt gegevens van de Arduino, slaat deze op en verwerkt ze voor verdere analyse.
- **Mobiele Applicatie:** Haalt gegevens op van de backend server en presenteert deze aan de gebruiker via een gebruiksvriendelijke interface.

Het ERD voor dit project toont hoe deze entiteiten met elkaar verbonden zijn en hoe gegevens tussen hen worden uitgewisseld.

3.2 Data Flow Diagram (DFD)

3.2.1 Wat is een DFD?

Een Data Flow Diagram (DFD) is een grafische voorstelling van hoe gegevens door een systeem stromen. Het toont de invoer, verwerking en uitvoer van gegevens bij verschillende stappen in het systeem. Het DFD helpt bij het begrijpen van de

functionele aspecten van het systeem en identificeert waar gegevens vandaan komen, hoe ze worden verwerkt en waar ze naartoe gaan.

3.2.2 Gebruik van DFD in dit Project

In het aquariummonitorsysteem wordt het DFD gebruikt om de gegevensstromen te visualiseren, vanaf de gegevensinvoer door sensoren tot aan de uiteindelijke presentatie in de mobiele applicatie. Het DFD voor dit project omvat:

- **Gegevensinvoer:** Sensoren meten waterparameters en sturen de gegevens naar de Arduino.
- **Gegevensverwerking:** De Arduino verzamelt de gegevens en stuurt deze door naar de backend server.
- **Gegevensopslag en -verwerking:** De back-end server ontvangt de gegevens, slaat deze op en verwerkt ze voor analyse.
- **Gegevensuitvoer:** De mobiele applicatie haalt de verwerkte gegevens op van de backend server en presenteert deze aan de gebruiker.

3.3 Belangrijkste Componenten van de Systeemarchitectuur

3.3.1 Sensoren

De sensoren zijn verantwoordelijk voor het meten van verschillende waterparameters zoals temperatuur, pH-waarde en zuurstofniveau. Deze gegevens zijn cruciaal voor het bewaken van de gezondheid en het welzijn van de vissen in het aquarium.

3.3.2 Arduino-Microcontroller

De Arduino-microcontroller fungeert als het centrale punt voor het verzamelen van gegevens van de sensoren. Het verwerkt de ruwe gegevens en stuurt ze door naar de backend server voor verdere analyse en opslag.

3.3.3 Backend Server

De backend server draait op een Linux-platform met Apache als webserver. Deze server ontvangt gegevens van de Arduino, slaat ze op in een database, en verwerkt ze voor gebruik in de mobiele applicatie. De backend server zorgt ook voor de communicatie tussen de verschillende componenten van het systeem.

3.3.4 Mobiele Applicatie

De mobiele applicatie is de interface waarmee gebruikers de gegevens van hun aquarium kunnen bekijken en monitoren. De applicatie haalt gegevens op van de backend server en presenteert deze op een gebruiksvriendelijke manier. Gebruikers kunnen meldingen ontvangen bij afwijkende waterwaarden en instructies krijgen voor het onderhoud van hun aquarium.

Hoofdstuk 4: Projectoverzicht

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de doelstellingen en functies van het aquariummonitoringsysteem. Daarnaast wordt de communicatie tussen het apparaat en de mobiele applicatie uitgelegd, de doelgroep beschreven en de voordelen van het systeem voor deze doelgroep uiteengezet.

4.1 Doelstellingen en Functies van het Aquariummonitoringsysteem

4.1.1 Doelstellingen

De hoofddoelstelling van het aquariummonitoringsysteem is om aquariumliefhebbers en -eigenaren een geautomatiseerde en betrouwbare manier te bieden om de waterkwaliteit en het onderhoud van hun aquarium te monitoren. Dit wordt bereikt door:

- **Automatische Monitoring:** Continu meten van belangrijke waterparameters zoals temperatuur, pH-waarde, en zuurstofniveau.
- **Gebruiksgemak:** Een intuïtieve mobiele applicatie die gebruikers eenvoudig toegang geeft tot real-time gegevens en meldingen.
- **Verbeterde Gezondheid van Aquariumbewoners:** Door constante monitoring en tijdige meldingen kunnen eigenaren snel ingrijpen bij afwijkende waarden, wat leidt tot een betere gezondheid en welzijn van de vissen en planten.

4.1.2 Functies

De belangrijkste functies van het aquariummonitoringsysteem zijn:

- **Sensoren voor Waterparameters:** De sensoren meten continu de temperatuur, pH-waarde en zuurstofniveau van het water.
- **Dataoverdracht via Bluetooth:** De verzamelde gegevens worden via een Arduino-microcontroller naar de mobiele applicatie verzonden.
- **Meldingen en Waarschuwingen:** Gebruikers ontvangen real-time meldingen bij afwijkende waterwaarden of noodzakelijke onderhoudsacties.
- **Data-analyse en Rapportage:** De mobiele applicatie biedt gedetailleerde rapportages en analyses van de waterkwaliteit over tijd.

4.2 Communicatie tussen het Apparaat en de Mobiele Applicatie

4.2.1 Hoe werkt de Communicatie?

De communicatie tussen het apparaat en de mobiele applicatie verloopt via de volgende stappen:

- **Gegevensverzameling:** De sensoren meten verschillende waterparameters en sturen de gegevens naar de Arduino-microcontroller.
- **Dataoverdracht:** De Arduino-microcontroller verwerkt de gegevens en stuurt deze via Bluetooth naar de mobiele applicatie.
- **Gegevensontvangst en Weergave:** De mobiele applicatie ontvangt de gegevens, verwerkt deze verder indien nodig en presenteert de gegevens op een gebruiksvriendelijke manier aan de gebruiker.

- **Meldingen:** Indien de waterwaarden afwijken van de ingestelde normen, stuurt de applicatie real-time meldingen naar de gebruiker.

4.3 Doelgroep en Motivatie

4.3.1 Doelgroep

De doelgroep voor het aquariummonitoringsysteem bestaat uit:

- **Aquariumliefhebbers en -eigenaren:** Personen die een aquarium bezitten en behoefte hebben aan een geautomatiseerde manier om de waterkwaliteit en het onderhoud van hun aquarium te monitoren.
- **Aquariumwinkels en Leveranciers van Huisdierbenodigdheden:** Bedrijven die producten en diensten aanbieden voor aquariumbezitters en geïnteresseerd zijn in innovatieve technologieën die hun klanten kunnen helpen.
- **Dierenwelzijnsorganisaties:** Organisaties die zich inzetten voor het welzijn van dieren en geïnteresseerd zijn in technologieën die bijdragen aan het welzijn van aquariumbewoners.

4.3.2 Motivatie

De motivatie voor de doelgroep om het aquariummonitoringsysteem te gebruiken omvat:

- **Verbeterde Waterkwaliteit:** Door continue monitoring kunnen eigenaren snel ingrijpen bij afwijkende waterwaarden, wat resulteert in een betere waterkwaliteit.
- **Eenvoudig Onderhoud:** Automatische herinneringen en meldingen maken het onderhoud van het aquarium eenvoudiger en minder tijdrovend.
- **Tijdsbesparing:** Door geautomatiseerde monitoring hoeven eigenaren minder tijd te besteden aan het handmatig controleren van waterparameters.
- **Betere Gezondheid van Aquariumbewoners:** Door proactieve monitoring en tijdige ingrepen kunnen de gezondheid en het welzijn van de vissen en planten in het aquarium aanzienlijk verbeteren.

4.4 Voordelen voor de Doelgroep

4.4.1 Verbeterde Waterkwaliteit

Het systeem zorgt voor een continue controle van de waterkwaliteit, wat helpt om een stabiele en gezonde leefomgeving voor de aquariumbewoners te handhaven. Gebruikers worden gewaarschuwd bij afwijkende waarden, waardoor snelle correcties mogelijk zijn.

4.4.2 Eenvoudig Onderhoud

Het systeem biedt automatische meldingen voor routinematige onderhoudstaken zoals waterverversing en filterreiniging. Dit maakt het voor gebruikers gemakkelijker om een schoon en goed onderhouden aquarium te behouden.

4.4.3 Tijdsbesparing

Door het automatiseren van de monitoring en het verstrekken van duidelijke instructies via de mobiele applicatie, besparen gebruikers tijd die ze anders zouden besteden aan handmatige controles en onderhoud.

4.4.4 Betere Gezondheid van Aquariumbewoners

Dankzij de continue monitoring en de mogelijkheid om snel te reageren op problemen, draagt het systeem bij aan een betere gezondheid en langere levensduur van de vissen en planten in het aquarium.

Hoofdstuk 5: Hardware

In dit hoofdstuk bespreken we de hardwarecomponenten die nodig zijn voor het aquariummonitorsysteem en hoe deze worden geïntegreerd. We gaan in op de gebruikte componenten, hun specificaties, en de manier waarop ze met elkaar verbonden zijn om een efficiënt en betrouwbaar systeem te vormen.

5.1 Hardwarecomponenten

Om een effectief aquariummonitorsysteem op te zetten, zijn diverse hardwarecomponenten nodig. Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste onderdelen:

1. **Arduino Uno WiFi:**
 - De centrale microcontroller die gegevens van de sensoren verzamelt en doorstuurt naar de mobiele applicatie via WiFi.
2. **pH-sensor:**
 - Meet het zuurgraadniveau van het water. Essentieel voor het monitoren van de waterkwaliteit en het welzijn van de aquariumbewoners.
3. **Troebelheidssensor:**
 - Meet de helderheid van het water. Helpt bij het detecteren van vuil of andere verontreinigingen in het aquarium.
4. **Waterpompsensor:**
 - Houdt de werking van de waterpomp in de gaten. Zorgt ervoor dat het water continu wordt gefilterd en gezuiverd.

5.2 Integratie van Sensoren met de Arduino

De sensoren worden op de volgende manier aangesloten en geïntegreerd met de Arduino Uno WiFi:

- **Grove Shield:**
 - Een uitbreidingsbord dat speciaal is ontworpen om het aansluiten van verschillende Grove-sensoren op de Arduino eenvoudiger te maken. Het elimineert de noodzaak voor ingewikkelde bedrading en maakt de verbindingen plug-and-play.
- **Breadboard:**
 - Een handig hulpmiddel voor het maken van tijdelijke en testopstellingen. Het breadboard wordt gebruikt om de sensoren op een georganiseerde manier met de Arduino te verbinden voordat de definitieve opstelling wordt gemaakt.

De stappen voor de integratie zijn als volgt:

- Plaats het Grove shield op de Arduino Uno WiFi.
- Sluit de sensoren aan op de juiste poorten van het Grove shield.
- Gebruik eventueel een breadboard om extra verbindingen of componenten toe te voegen.

5.3 Specificaties van de Gebruikte Sensoren

Elke sensor in het aquariummonitorsysteem heeft unieke specificaties die cruciaal zijn voor de correcte werking van het systeem:

5. **pH-sensor:**
 - Meetbereik: pH 0-14
 - Nauwkeurigheid: ± 0.1 pH
 - Uitgangsspanning: 0-5V
6. **Troebelheidssensor:**
 - Meetbereik: 0-1000 NTU (Nephelometric Turbidity Units)
 - Nauwkeurigheid: $\pm 2\%$
 - Uitgangsspanning: 0-4.5V
7. **Waterpompsensor:**
 - Meetbereik: afhankelijk van de specificaties van de waterpomp
 - Nauwkeurigheid: afhankelijk van het model
 - Uitgangsspanning: variabel

5.4 Voeding van de Hardware

De hardwarecomponenten kunnen op verschillende manieren van stroom worden voorzien, afhankelijk van de opstelling en het gebruiksscenario:

- **Netstroomadapter:**
 - Voor een vaste opstelling kan een netstroomadapter worden gebruikt om de Arduino en de sensoren constant van stroom te voorzien.
- **Batterij:**
 - Voor draagbare of tijdelijke opstellingen kan een batterij worden gebruikt. Dit maakt het systeem flexibeler, maar vereist regelmatig opladen of vervangen van de batterij.

Door deze verschillende opties kan het aquariummonitorsysteem in diverse situaties en omgevingen worden gebruikt.

Hoofdstuk 6: Software

In dit hoofdstuk wordt de softwarearchitectuur van het aquariummonitorsysteem besproken. We gaan in op de integratie tussen de Arduino-microcontroller en de Laravel backend, de communicatie tussen de mobiele app en de back-end, en de technologieën die gebruikt worden voor de ontwikkeling van de mobiele applicatie en de backend.

6.1 Softwareontwerp en Ontwikkeling

De software voor het aquariummonitorsysteem is ontworpen om naadloos samen te werken met de hardwarecomponenten en gebruikers een eenvoudige en intuïtieve manier te bieden om hun aquaria te beheren. Hieronder volgen de belangrijkste aspecten van het softwareontwerp en de ontwikkeling.

6.2 Integratie tussen Arduino en Laravel Back-end

De integratie tussen de Arduino-microcontroller en de Laravel backend gebeurt via HTTP-verzoeken. De gegevens die door de sensoren worden verzameld, worden door de Arduino verwerkt en vervolgens naar de Laravel API verzonden voor verdere verwerking en opslag.

- **Gegevensverzameling:** De sensoren meten waterparameters zoals pH-waarden, troebelheid en temperatuur.
- **Gegevensverzending:** De Arduino stuurt de verzamelde gegevens via HTTP-verzoeken naar de Laravel backend.
- **Gegevensverwerking en Opslag:** De Laravel API verwerkt de gegevens en slaat ze op in een MariaDB-database.

6.3 Communicatie tussen Mobiele App en Backend

De mobiele applicatie communiceert met de backend via HTTP-verzoeken. De gegevens worden door de backend verwerkt en in een gebruiksvriendelijke interface aan de gebruiker gepresenteerd.

- **HTTP-verzoeken:** De mobiele app maakt gebruik van HTTP-verzoeken om gegevens op te halen en te versturen naar de Laravel backend.
- **React Native Componenten:** De gegevens worden in real-time weergegeven met behulp van React Native componenten, wat zorgt voor een responsieve en intuïtieve gebruikerservaring.

6.4 Belangrijkste Functies van de Mobiele Applicatie

De mobiele applicatie biedt een reeks aan functies die essentieel zijn voor het beheer van het aquarium:

- **Real-time Monitoring:** Gebruikers kunnen de waterparameters in real-time monitoren, wat hen helpt om snel in te grijpen bij afwijkingen.
- **Meldingen:** De app stuurt meldingen bij afwijkende waterwaarden, zodat gebruikers onmiddellijk actie kunnen ondernemen.
- **Controle over Onderhoudsapparatuur:** Gebruikers kunnen via de app de werking van apparaten zoals pompen en verlichting controleren en aanpassen.

6.5 Technologieën en Frameworks voor de Mobiele Applicatie

Voor de ontwikkeling van de mobiele applicatie en de backend worden de volgende technologieën en frameworks gebruikt:

- **Front-end:** React Native wordt gebruikt voor het bouwen van de mobiele applicatie, vanwege zijn vermogen om een native-achtige ervaring te bieden op zowel iOS als Android.
- **Backend:** Laravel, een PHP-framework, wordt gebruikt voor het ontwikkelen van de backend vanwege zijn robuustheid en flexibiliteit.
- **Database:** MariaDB wordt gebruikt voor het opslaan van de gegevens, omdat het een krachtige en betrouwbare relationele database is.

6.6 Backend Besturingssysteem en Webserver

De backend van het aquariummonitorsysteem draait op een Linux-server met Apache als webserver. Deze combinatie biedt stabiliteit, beveiliging en schaalbaarheid, wat essentieel is voor een betrouwbaar en efficiënt systeem.

- **Besturingssysteem:** Linux biedt een stabiele en veilige omgeving voor de backend.
- **Webserver:** Apache wordt gebruikt vanwege zijn flexibiliteit en uitgebreide configuratiemogelijkheden.

Hoofdstuk 7: Dataopslag

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe data veilig en efficiënt beheerd kunnen worden. Het is essentieel dat data veilig beheerd wordt. We gaan het hebben over RAID, wat het is en waarom het gebruikt wordt. We gaan het hebben over back-ups en waar deze worden opgeslagen.

7.1 Data-integriteit

De aquarium-data worden opgeslagen met het type opslag RAID, RAID staat voor Redundant Array of Independent Disks. Het zorgt ervoor dat data op meerdere schijven opgeslagen worden op zelfde server. Er zijn verschillende vormen van RAID, zoals RAID 0, RAID 1, RAID 5 en RAID 10. Elk zijn ze anders in hun functies.

7.1.1 RAID 0

Bij RAID 0 gebruik je minimaal 2 schijven waar gegevens gelijk verdeeld worden waardoor snelheid verdubbelt. RAID 0 geeft het hoofste lees-/schrijfsnelheden, omdat jij de gegevens verdeeld over schijven. HDD-schijven zijn vaak niet snel, maar als jij RAID 0 gebruikt gaat dat net iets sneller.

Er zijn een paar nadelen aan RAID 0:

- **Geen gegevensbescherming:** RAID 0 biedt geen redundantie; als één schijf faalt, gaan alle gegevens verloren.
- **Hoger risico:** Hoe meer schijven in de array, hoe groter het risico op gegevensverlies omdat de kans op een schijffout toeneemt.
- **Geen foutcorrectie:** RAID 0 biedt geen enkele vorm van foutcorrectie, wat betekent dat zelfs kleine fouten tot gegevensverlies kunnen leiden.

7.1.2 RAID 1

RAID 1 is een optie als jij voor gegevensbescherming gaat is RAID 1 een goed keuze. Jij hebt minimaal 2 schijven nodig, een is voor het opslaan van gegevens op 1 schijf, waardoor als een uitvalt dat jij verder kan op de ander.

Er zijn een paar nadelen aan RAID 1

- **Halvering van de opslagcapaciteit:** RAID 1 maakt een exacte kopie (mirror) van de gegevens op een andere schijf, waardoor de effectieve opslagcapaciteit wordt gehalveerd.
- **Hogere kosten:** Het vereist twee keer zoveel schijven voor dezelfde hoeveelheid bruikbare opslagruimte, wat de hardware kosten verhoogt.
- **Beperkte schaalbaarheid:** RAID 1 biedt weinig schaalbaarheid en uitbreiden betekent simpelweg meer schijven spiegelen, wat inefficiënt is qua ruimte en kosten.

7.1.3 RAID 5

Bij RAID 5 gebruik jij minimaal 3 schijven. Bij RAID 5 heb jij het beste van RAID 1 (gegevensbescherming) en RAID 0 (gegevenssnelheid). Jij hebt een schijf waar alle back-ups op worden uitgevoerd, en twee schijven waar gegevens op worden geleest en geschreven.

Er zijn een paar nadelen aan RAID 5:

- **Langere wederopbouwtijd:** Het herstellen van gegevens na een schijfcrash kan lang duren, vooral bij grote schijven.
- **Moeilijkere uitvoering:** Het opzetten en beheren van een RAID 5-array is complexer dan eenvoudiger RAID-niveaus.
- **Gegevensverlies bij meerdere crashes:** Als twee of meer schijven tegelijkertijd falen, gaan gegevens verloren.
- **Verminderde opslagcapaciteit:** Vanwege de pariteitsfunctie wordt de effectieve opslagcapaciteit met één schijf verminderd.

7.1.4 RAID 10

Bij RAID 10 gebruik je minimaal 4 schijven. RAID 10 combineert de voordelen van RAID 1 (gegevensbescherming) en RAID 0 (gegevenssnelheid). Het werkt door gegevens te spiegelen en vervolgens de gespiegelde sets te strippen.

Er zijn een paar nadelen aan RAID 10:

- **Hogere kosten:** Omdat RAID 10 dubbele opslag vereist, zijn de hardware kosten aanzienlijk hoger.
- **Halvering van de opslagcapaciteit:** De effectieve opslagcapaciteit wordt gehalveerd omdat elke schijf een exacte kopie (mirror) heeft.
- **Complex beheer:** Het opzetten en beheren van een RAID 10-array kan complex zijn, vooral bij het uitbreiden of vervangen van schijven.
- **Inefficiëntie bij kleine arrays:** RAID 10 is minder efficiënt voor kleine arrays omdat de spiegeling een grotere impact heeft op de totale opslagcapaciteit.

7.1.5 Data back-up server

Het aquarium maakt gebruik van RAID 1 voor de dataopslag, omdat het een klein project betreft en gegevensbeveiliging de hoogste prioriteit heeft. RAID 1, ook wel bekend als mirroring, zorgt ervoor dat alle gegevens op twee schijven worden opgeslagen. Hierdoor is er een exacte kopie van de data beschikbaar, wat bijdraagt aan een hoge mate van gegevensbescherming en betrouwbaarheid.

Alle data worden opgeslagen op een fysieke Linux-server. Deze server is specifiek gekozen vanwege de stabiliteit en veiligheid die het Linux-besturingssysteem biedt. Daarnaast maakt de eenvoud van RAID 1 het beheer van de server relatief gemakkelijk, wat ideaal is voor een kleiner project zoals dit aquarium. In geval van een schijffout kan de server blijven functioneren zonder gegevensverlies, aangezien de data direct beschikbaar is op de gespiegelde schijf.

Hoofdstuk 8: Processen

In dit hoofdstuk bespreken we de processen en methoden die worden gebruikt om de betrouwbaarheid en efficiëntie van het aquariummonitoringsysteem te waarborgen. We richten ons op de betrouwbaarheid van gegevensoverdracht en verwerking, de stappen in het ontwikkelingsproces, de methoden voor het testen en verbeteren van de gebruikerservaring van de mobiele applicatie, en de technieken voor het debuggen en oplossen van problemen tijdens de ontwikkeling.

8.1 Betrouwbaarheid van Gevensoverdracht en Verwerking

Het waarborgen van de betrouwbaarheid van gegevensoverdracht en verwerking is cruciaal voor het correct functioneren van het aquariummonitoringsysteem. De volgende methoden worden toegepast:

- **Validatie:** Gegevens worden gevalideerd zowel aan de clientzijde als aan de serverzijde om ervoor te zorgen dat alleen correcte en verwachte data worden verwerkt.
- **CSRF-bescherming:** Cross-Site Request Forgery (CSRF) bescherming wordt geïmplementeerd om te voorkomen dat onbevoegde acties worden uitgevoerd door kwaadwillende websites.
- **Veilige Verbindingen:** Gebruik van HTTPS voor veilige gegevensoverdracht. Dit beschermt de gegevens tegen onderschepping en manipulatie tijdens het transport.

8.2 Ontwikkelingsproces

Het ontwikkelingsproces van het aquariummonitoringsysteem omvat meerdere fasen die systematisch worden doorlopen om een betrouwbaar en efficiënt systeem te ontwikkelen:

1. **Conceptontwikkeling:** In deze fase worden de behoeften en eisen van de gebruikers verzameld en geanalyseerd om een duidelijk beeld te krijgen van de functionaliteiten die het systeem moet bieden.
2. **Ontwerp:** Op basis van de verzamelde eisen wordt een gedetailleerd ontwerp van het systeem gemaakt, inclusief de software- en hardwarecomponenten.
3. **Implementatie:** Het systeem wordt ontwikkeld volgens het ontwerp. Dit omvat het programmeren van de software, het assembleren van de hardware, en het integreren van de verschillende componenten.
4. **Testfase:** Het systeem wordt grondig getest om ervoor te zorgen dat het voldoet aan de eisen en vrij is van fouten. Hierbij worden zowel functionele als niet-functionele tests uitgevoerd.
5. **Iteratieve Verbetering:** Op basis van de testresultaten en feedback van gebruikers worden verbeteringen aangebracht aan het systeem.

8.3 Testen en Verbeteren van de Gebruikerservaring

Het testen en verbeteren van de gebruikerservaring (UX) van de mobiele applicatie is een continu proces dat de volgende stappen omvat:

- **Gebruikerstests:** Door gebruikerstests uit te voeren, krijgen we inzicht in hoe echte gebruikers de applicatie ervaren en waar mogelijke knelpunten liggen.
- **Feedback Verzamelen:** Actieve feedback van gebruikers wordt verzameld via enquêtes, reviews, en directe feedback binnen de applicatie.
- **Iteratieve Verbeteringen:** Op basis van de verzamelde feedback worden iteratieve verbeteringen doorgevoerd. Dit zorgt ervoor dat de applicatie steeds beter aansluit bij de behoeften en verwachtingen van de gebruikers.

8.4 Debuggen en Oplossen van Problemen

Tijdens de ontwikkeling kunnen er problemen en bugs optreden die moeten worden opgespoord en opgelost. Hiervoor worden verschillende methoden gebruikt:

- **Logging:** Door het implementeren van uitgebreide logging kunnen we precies zien wat er gebeurt binnen het systeem, wat helpt bij het identificeren van problemen.
- **Debugging Tools:** Gebruik van debugging tools en geïntegreerde ontwikkelomgevingen (IDEs) om fouten op te sporen en te corrigeren.
- **Unit Tests en Integration Tests:** Automatische tests worden gebruikt om individuele componenten (unit tests) en de integratie tussen componenten (integration tests) te verifiëren.
- **Code Reviews:** Regelmatige code reviews door teamleden om fouten en inefficiënties in de code op te sporen en te verbeteren.

Hoofdstuk 9: Sensoren

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verschillende sensoren die worden gebruikt binnen het aquariummonitorsysteem. We bespreken de typen sensoren en de parameters die ze meten, de kalibratie- en onderhoudsprocedures, en de typische problemen die kunnen optreden met sensoren en hoe deze kunnen worden opgelost.

9.1 Typen Sensoren en Gemeten Parameters

Binnen het aquariummonitorsysteem worden diverse sensoren gebruikt om de waterkwaliteit en het welzijn van de aquariumbewoners te waarborgen. De belangrijkste sensoren en hun functies zijn:

- **pH-sensor:** Meet de zuurgraad van het water. Dit is essentieel voor het handhaven van een gezonde omgeving voor de vissen en planten.
- **Troebelheidssensor:** Meet de helderheid van het water, wat een indicatie geeft van de hoeveelheid deeltjes en mogelijke vervuiling.
- **Temperatuursensor:** Meet de watertemperatuur, wat belangrijk is voor het behouden van stabiele en geschikte omstandigheden voor de aquariumbewoners.
- **Waterniveau-sensor:** Meet het waterniveau om te voorkomen dat het water te laag komt, wat schadelijk kan zijn voor de vissen en apparatuur.
- **Ammoniak- en Nitraatsensoren:** Meten de concentraties van ammoniak en nitraten in het water, die giftig kunnen zijn voor vissen in hoge concentraties.

9.2 Kalibratie en Onderhoud van Sensoren

Voor nauwkeurige metingen moeten de sensoren regelmatig worden gekalibreerd en goed worden onderhouden. De volgende procedures worden toegepast:

- **Kalibratie:**
 - **pH-sensor:** Regelmatige kalibratie met standaardoplossingen (bijv. pH 4, pH 7 en pH 10) om de nauwkeurigheid te waarborgen.
 - **Troebeheidssensor:** Kalibratie met referentieoplossingen die bekende troebelheidswaarden hebben.
 - **Temperatuursensor:** Kalibratie met behulp van geijkte thermometers als referentie.
 - **Waterniveau-sensor:** Controle en kalibratie door het vergelijken van gemeten waarden met fysieke metingen.
 - **Ammoniak- en Nitraatsensoren:** Kalibratie met gestandaardiseerde chemische oplossingen.
- **Onderhoud:**
 - **Schoonmaken:** Regelmatig schoonmaken van de sensoren om ophoping van vuil en algen te voorkomen.
 - **Inspectie:** Periodieke inspectie van de sensoren op slijtage en beschadiging.
 - **Vervanging:** Tijdige vervanging van sensoren die niet meer nauwkeurig te kalibreren zijn of beschadigd zijn.

9.3 Typische Problemen en Oplossingen

Sensoren kunnen verschillende problemen ondervinden die de nauwkeurigheid van de metingen beïnvloeden. Enkele veelvoorkomende problemen en hun oplossingen zijn:

- **Sensorfouten:**
 - **Oorzaak:** Fouten kunnen optreden door veroudering, slijtage of elektronische interferentie.
 - **Oplossing:** Sensor vervangen of elektronica controleren op interferentie.
- **Vervuiling:**
 - **Oorzaak:** Opbouw van vuil, algen of calcium op de sensoroppervlakken.
 - **Oplossing:** Regelmatig schoonmaken volgens de onderhoudsrichtlijnen van de fabrikant.
- **Kalibratieproblemen:**
 - **Oorzaak:** Onjuiste kalibratieoplossingen of onregelmatige kalibratieprocedures.
 - **Oplossing:** Gebruik van verse kalibratieoplossingen en naleving van aanbevolen kalibratie-intervallen.
- **Communicatieproblemen:**
 - **Oorzaak:** Slechte verbindingen of storingen in de datacommunicatie tussen sensoren en de Arduino.
 - **Oplossing:** Controle van kabels en verbindingen, herconfigureren van de communicatie-instellingen.

Hoofdstuk 10: Vergelijkbare Producten en Advies

Hoe kan het huidige aquariummonitorsysteem worden verbeterd door te leren van vergelijkbare producten op de markt en welke aanbevelingen zijn er voor verdere doorontwikkeling?

10.1 Vergelijkbare Producten op de Markt

1. **Welke vergelijkbare producten zijn er op de markt en wat zijn hun belangrijkste kenmerken?**
 - **Seneye Reef:** Continu meet- en waarschuwingssysteem voor waterparameters zoals pH en ammoniak.
 - **Apex Classic van Neptune Systems:** Geavanceerde monitoring en automatisering met ondersteuning voor diverse sensoren.
 - **GHL Profilux:** Modulaire en zeer aanpasbare oplossing met gedetailleerde monitoring en automatiseringsopties.
2. **Hoe vergelijkt ons systeem zich met deze producten?**
 - Ons systeem biedt een uitgebreide set functionaliteiten, zoals waterpeilmelding, pH-waarde monitoring, troebelheidsmeting, en pompregulering. Dit is vergelijkbaar met, en in sommige gevallen uitgebreider dan, de genoemde producten.
3. **Wat zijn de sterke punten van ons systeem?**
 - Unieke functies zoals voedselniveau monitoring, flow sensor meldingen, en een geïntegreerde webcam, die niet in alle vergelijkbare producten te vinden zijn.
 - Een intuïtieve gebruikersinterface met uitgebreide grafieken en trendanalyses.
 - Mogelijkheid om meerdere aquaria vanuit één account te beheren.

10.2 Aanbevelingen voor Verbetering en Doorontwikkeling

4. *Hoe kunnen we ons systeem verder verbeteren?*
 - **Automatisering:** Uitbreiden met automatische aanpassing van waterparameters en voerautomatisering.
 - **Integratie met Smart Home Systemen:** Implementeren van integraties met systemen zoals Google Home en Amazon Alexa.
 - **Gebruiksvriendelijke Interface:** Blijven optimaliseren voor intuïtieve bediening en duidelijke dataweergave.
 - **Betrouwbare Sensoren:** Investeren in hoogwaardige sensoren met automatische kalibratie.
 - **Cloud- en Dataopslag:** Zorg voor veilige en efficiënte Cloud-opslag van gegevens voor gemakkelijke toegang en analyse.
 - **Unieke Functies:** Blijf unieke functies ontwikkelen en verbeteren om een concurrentievoordeel te behouden.
5. *Welke verbeteringen kunnen worden doorgevoerd op basis van gebruikersfeedback?*
 - Verbetering van de gebruikersinterface, optimalisatie van sensoren, en uitbreiding van de functionaliteiten zoals automatisering van waterparameters.
6. *Hoe kan de integratie met andere systemen worden verbeterd?*

- Door de mobiele applicatie compatibel te maken met smart home systemen en andere IoT-apparaten.
7. *Wat zijn de lange termijn doelstellingen voor doorontwikkeling?*
- Uitbreiden van de markt naar commerciële aquaria, integratie van AI voor voorspellend onderhoud, en voortdurende updates op basis van technologische vooruitgang en gebruikersbehoeften.

Conclusie

Het ontwerp en de ontwikkeling van het geautomatiseerde aquariummonitorsysteem hebben aangetoond hoe technologie kan worden ingezet om de zorg voor aquariumvissen te verbeteren en het beheer voor aquariumbezitters te vereenvoudigen. Door gebruik te maken van geavanceerde sensoren, een robuuste softwarearchitectuur en een intuïtieve mobiele applicatie biedt het systeem eigenaren de mogelijkheid om real-time de waterkwaliteit te monitoren en snel te reageren op veranderingen.

Het systeem is niet alleen gericht op individuele aquariumliefhebbers, maar heeft ook potentieel voor bredere toepassingen in commerciële aquaria, dierenwinkels en educatieve instellingen. Door de integratie van gegevensanalyse, meldingsfuncties en controle over onderhoudsapparatuur biedt de mobiele app een uitgebreide toolset voor zowel beginners als ervaren gebruikers.

Technologische uitdagingen zoals sensorcalibratie, data-integriteit en gebruikersinterfaceverbeteringen zijn tijdens het ontwikkelingsproces aangepakt, waarbij focus lag op betrouwbaarheid, gebruiksvriendelijkheid en prestaties. Vergelijkingen met bestaande concurrenten hebben aangetoond dat het ontwikkelde systeem unieke voordelen biedt, zoals een breed scala aan ondersteunde parameters en flexibiliteit in systeemconfiguratie.

Voor toekomstige ontwikkelingen wordt aanbevolen om de integratie met Smart Home Systemen te verkennen, AI-gestuurde voorspellende analyses toe te voegen voor onderhoudsbehoeften, en verdere uitbreiding naar zowel consumenten- als professionele markten te overwegen. Door voort te bouwen op de feedback van gebruikers en technologische vooruitgang, kan het systeem blijven evolueren en zich aanpassen aan veranderende behoeften en innovaties in de aquariumindustrie.

In essentie biedt het geautomatiseerde aquariummonitorsysteem niet alleen een praktische oplossing voor het beheer van aquariums, maar vertegenwoordigt het ook een stap voorwaarts in het bevorderen van dierenwelzijn, educatie en technologische innovatie in de context van huisdierverzorging.