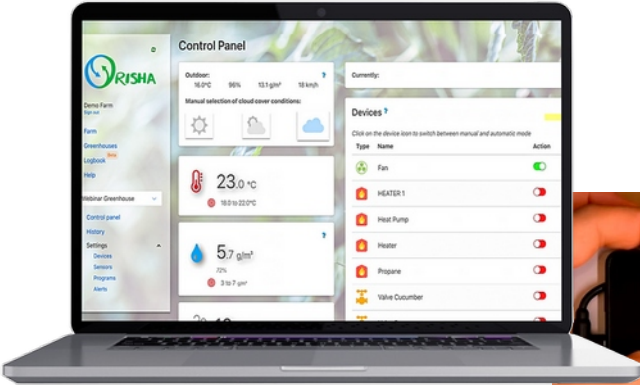


Oriëntatie meten en sturen met sensoren in de tuin



Automate Your Grow without Breaking the Bank - Intro to Home Assistant & Demo
LED Gardener 26,5K abonnees Geabonneerd 629 Delen Bedankt

Oktober 2023
Door: Johan Fit
Email: johan_fit[at]hotmail.com

Locatie digitale versie van dit document

Dit verslag is te downloaden op <https://johanf44.github.io/moestuin-dh/>.

Alternatieve link: <https://github.com/johanf44/moestuin-dh>

Bij eventuele aanpassing van dit document zal de actuele versie ook op die locatie worden gepubliceerd.

Bronverwijzing binnen de tekst

Voor dit verslag zijn verschillende bronnen gebruikt. Binnen de tekst wordt verwezen naar deze bronnen met een nummer in superscript boven een woord, zoals: tekst⁵. Dit nummer verwijst naar de bron in het hoofdstuk Referenties op pagina 84.

Ook zijn er veel links naar bronnen in de tekst opgenomen. Bij het lezen van dit verslag op papier is het nuttig om ook de digitale pdf versie bij de hand te hebben, zodat het makkelijk is de links aan te klikken en te bezoeken indien gewenst.

In de tekst zijn soms ‘thumbnails’ opgenomen van videos op YouTube met meer informatie. Deze video's zijn niet opgenomen in de referentielijst, omdat ze al zo duidelijk in de tekst zijn verwezen.

Begrippenlijst

Actuator	Apparaat dat een actie uitvoert, bijvoorbeeld schakelaar die een pomp aan- en uitschakelt of een apparaat dat een raam opent of sluit.
IO pins	IO staat voor In Out, de pins op een Microcontroller board kunnen elektronische signalen ontvangen en als output geven.
Node	Letterlijk: een knooppunt. Een node is een punt in het netwerk dat gegeven kan ontvangen en doorsturen.
Sensor	Registreert een waarde, bijvoorbeeld temperatuur, bodemvochtigheid.

Inhoud

Begrippenlijst.....	2
Inleiding.....	5
1 De invloeden op de groei van een plant.....	7
2 Op welk niveau automatiseren?.....	8
2.1 Alleen monitoren of ook aansturen?.....	8
2.2 Met behulp van internet of een standalone schakeling?.....	8
3 Elektriciteitsaansluiting en internet nodig?.....	9
3.1 Elektriciteit.....	9
3.1.1 Stroomaansluiting via ondergrondse kabels.....	10
3.1.2 Combinatie zonnepaneel-accu.....	11
3.1.3 Uitzonderingen, toepassingen zonder elektriciteit.....	12
3.2 Internetaansluiting.....	13
4 Omstandigheden in de tuin belangrijk om in overweging te nemen bij keuze producten.....	14
5 Verschil tussen bedrade en draadloze communicatie.....	15
5.1 Electromagnetische straling van draadloze netwerken, slecht voor plant en dier?.....	17
6 Automatisering met bediening op afstand vereist een server.....	18
6.1 Open source vs. commercieel.....	22
6.2 Cloudgebaseerd of volledig lokaal draaiend.....	24
6.2.1 Vendor lock-in.....	26
6.3 Aanbieders van tuin en kassenautomatisering.....	26
6.3.1 Orisha.....	26
6.3.2 Home Assistant.....	28
6.3.3 Andere aanbieders.....	32
7 LoRa sensoren, draadloze communicatie over lange afstand.....	33
8 AliExpress als plek om producten te kopen, wel of niet?.....	38
9 Geeft een sensor ook echt de juiste waarde? Calibratie en controle van de waardes.....	39
9.1 Controle van sensoren.....	39
10 Zelfbouwmodules tegenover kant en klare producten.....	42
11 Temperatuur meten en sturen.....	48
11.1 Achtergrond.....	48
11.2 Vaststellen van de temperatuur.....	48
11.2.1 De buitentemperatuur.....	48
11.2.2 Vaststellen temperatuur in de kas.....	51
11.2.3 Automatiseren van de temperatuurbeheersing in de kas.....	51
12 Luchtvochtigheid meten en sturen.....	55
12.1 Achtergrond.....	55
12.1.1 Relatieve luchtvochtigheid.....	57
12.1.2 Absolute luchtvochtigheid.....	57
12.1.3 Vochtdeficit en Vapour Pressure Deficit als streefwaarde.....	58
12.1.4 Optimale luchtvochtigheid voor planten.....	60
12.2 Het bereiken van de optimale luchtvochtigheid in de kas.....	62
12.2.1 Luchtvochtigheid buitenlucht bepalen.....	62
12.2.2 Automatisch ventileren voor betere luchtvochtigheid.....	66
12.2.2.1 Passieve en actieve ventilatie.....	67

12.2.3 Ventilatie automatisch regelen.....	71
13 Irrigatie.....	74
14 Andere mogelijkheden voor meten en/of sturen.....	78
14.1 Camera's voor beveiliging en monitoring.....	78
14.2 Alarmsysteem tegen inbraak.....	78
14.3 CO ₂ meten en doseren.....	78
14.4 Automatisch een doek over de kas spannen bij te veel warmte.....	80
14.5 Licht optimaliseren in de kassen met LED lampen.....	81
14.6 Meten van het elektriciteit gebruik.....	82
Referenties.....	84

Inleiding

Dit document geeft een overzicht van aandachtspunten en bronnen en producten die ik ben tegengekomen op gebied van meten en sturen in de tuin met behulp van sensoren. Hoewel het misschien nu niet aan de orde is om hier iets mee te doen, besloot ik dit document te maken. Dan is het vastgelegd en wellicht dat het in de toekomst nog van pas komen.

Werkende in de tuin als vrijwilliger, zie ik soms mogelijkheden om gebruik te maken van sensoren om een beter beeld te krijgen van de omstandigheden in de tuin en om wellicht bepaalde taken te automatiseren met behulp van sensoren, dan wel van een afstand te kunnen bedienen.

Op hobbymatig niveau houd ik me bezig met het zelf maken van slimme toepassingen in huis met behulp van sensoren. Zo heb ik een slimme thermostaat gemaakt¹ die per kamer in huis de temperatuur kan sturen en uitgaat in het geval er niemand aanwezig is.

Er is de laatste jaren veel ontwikkeling als het gaat om automatisering in huizen en gebouwen met 'smart' producten. Denk hierbij aan klimaatbeheersing, verlichting, beveiliging.

Er is de opkomst van het internet of things (IoT), waarbij steeds meer apparaten de functie hebben om van een afstand, via een internetverbinding, uitgelezen en bediend kunnen worden.

Automatisering binnen gebouwen is niet nieuw, maar het is nu toegankelijker geworden. De technieken zijn gebruikelijker geworden en producten op grote schaal worden geproduceerd, wat lagere kosten en veel aanbod aan producten oplevert. Veel technieken en software gebruikt gebouwautomatisering en industrie zijn door te trekken voor gebruik in de tuin.



Afbeelding 1: Dashboard van een tuinder met de software Home Assistant

Het toepassen van automatisering kan nuttig zijn om wat werk uit handen te nemen en kan bijdragen aan het bereiken van goede condities voor de planten om te groeien wat de kwaliteit van de producten ten goede kan komen.

Denk hierbij aan:

Sensoren:

- temperatuursensoren in de kasruimtes
- bodemvochtigheidssensoren
- weerstation
- Camera's
- en meer

Bediening (actuatoren):

- Openen deuren / ramen kassen
- Bewatering
- en meer

Mijn kennis van het telen van groentes is niet erg groot. Daarom kan het zijn dat er in dit document toepassingen besproken worden die in de praktijk helemaal niet een wens van de tuinders zijn, niet nodig zijn of niet praktisch zijn. Ik wil slechts de mogelijkheden opnoemen en ideeën aandragen. Of ze de tuinders er iets mee willen, dat is aan de tuinders zelf.

Ook wil ik niet de indruk wekken dat dit document volledig is. Het is een resultaat van mijn eigen ervaringen op het gebied van automatisering en een oriëntatie naar informatie gepubliceerd op internet.



1 De invloeden op de groei van een plant

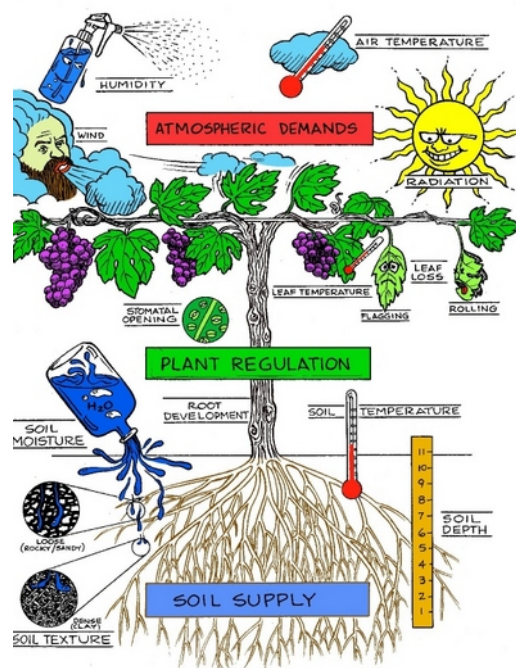
Bij het groeien van een plant zijn er diverse invloeden die een positief of negatief effect kunnen hebben op de groei van een plant en haar vruchten.

Een tuinder wil een goede oogst verkrijgen en bereikt dit door de aandacht en zorg voor de planten. Veel van deze zorg staat in het teken van het beheersen van de omstandigheden waarin de planten groeien. Veel van deze omstandigheden zijn zogenaamde *fysische invloeden*.

Deze fysische invloeden zijn vaak meetbaar met sensoren en dat maakt het interessant om te sturen op die meetwaardes, al dan niet geautomatiseerd.

Hier volgt een *onvolledige* lijst van fysische invloeden op planten:

- Zonlicht
- Aanwezigheid water, bodemvochtigheid
- Temperatuur
- CO₂ gehalte in de lucht
- luchtstroom
- Luchtvochtigheid
- Lichtsterkte
- Bladtemperatuur
- Kwaliteit grond
- Toxische stoffen in bodem, lucht en grondwater
- Temperatuur van het sproeiwater
- Samenstelling grond, mineralen en pH waarde
- Weersomstandigheden als vorst, hagel en storm
- Schadelijke en nuttige insecten en schimmels
- micro-organismen in de grond



Afbeelding 2: Illustratie² met invloeden op een plant

Als tuinder bestaat veel van het werk uit het omgaan met deze fysische invloeden en deze zover mogelijk te beheersen ten behoeve van een zo optimaal mogelijke groei van de planten.

Door middel van automatiseren met sensoren en schakelaars is het mogelijk veel van deze fysische invloeden te monitoren en te sturen en daarmee een deel van het werk automatisch te laten plaatsvinden.

2 Op welk niveau automatiseren?

Als het gaat om het toepassen van sensoren en automatische bediening in de tuin, zijn er verschillende niveaus te onderscheiden. In een ontwerp van een systeem valt afweging te maken tot welk niveau men gaat meten en automatiseren? Een meer geavanceerd systeem kan voordelen hebben, maar ook nadelen.

In de volgende paragrafen volgen besprekingen van te onderscheiden niveaus.

2.1 Alleen monitoren of ook aansturen?

Er is onderscheid te maken tussen de niveaus 'monitoren' en 'aansturen'. Het uitlezen van waarden en deze tonen op een display of een app op de telefoon, is het niveau van monitoren. Denk hierbij ook aan het loggen van gegevens, waarbij een sensorwaarde in de loop van de tijd kan worden weergegeven in een grafiek. Blijf men op het niveau van monitoren en is er actie vereist op basis van een sensorwaarde, dan kan die door een tuinder met de hand worden uitgevoerd.

Er kan ook voor een uitvoering met een niveau dieper worden gekozen, niveau 'aansturen', waarbij ook het aansturen geautomatiseerd verloopt op basis van de sensorwaardes. Denk aan het automatisch oprollen van het plastic van de tunnelkassen wanneer de temperatuur een bepaalde hoogte heeft bereikt.

Alleen bepaalde waardes monitoren, kan al een winst opleveren voor de tuinder. Het implementeren van het 'niveau monitoren' is eenvoudiger dan het 'niveau automatiseren'. Dat vereist namelijk meer tijd en geld investeren. Er zal bij automatiseren dus altijd goed de afweging moeten worden gemaakt wat het oplevert en of het de investering waard is. Ook zal er rekening mee gehouden moeten worden dat een automatisering niet betekent 'niet meer naar omkijken'. Belangrijk is om rekening te houden met wat er kan gebeuren als het systeem faalt en om het ontwerp zo te kiezen dat een tuinder hier ook snel van op de hoogte wordt gesteld of dat een automatisch een noodmaatregel kan worden uitgevoerd, zodat er geen voor de planten schadelijke situatie ontstaat.

2.2 Met behulp van internet of een standalone schakeling?

Een ander onderscheid van niveaus is te maken tussen hoe een automatisering technisch in elkaar zit. Een automatisering kan verlopen in een toepassing met een centrale server waarbij met een dashboard via internet te volgen is en daarbij te bedienen is via een website of app. Anderzijds kan een automatisering ook standalone kan plaatsvinden, zonder monitoring van buitenaf. Je hebt het

dan over een schakeling. Meestal is een standalone toepassing iets eenvoudiger van aard en sneller te implementeren. Aan de andere kant kan bediening op afstand weer veel extra opties bieden die fijn in het gebruik zijn.

Een voorbeeld. Momenteel wordt bewatering zo nu en dan toegepast met tijdschakelaarstekkers op de pomp. Dit zou je een standalone automatisering met een schakeling kunnen noemen. Iemand plaatst de sprinklerkoppen en stelt op de tijdschakelaar in op welk moment er gesproeid moet worden en voor hoe lang en vervolgens wordt het sproeien uitgevoerd. Dit is snel te implementeren en gaat waarschijnlijk altijd goed.

Het is ook mogelijk dit te automatiseren met een systeem waarbij je vanaf een app op de telefoon kan instellen dat er bewatering plaats moet vinden, met een vanaf de app bedienbare schakelaar op de pomp. Er is bijvoorbeeld een systeem mogelijk met openen en sluiten van waterslangen met bedienbare kleppen. Zodat binnen een dashboard ook bepaald kan worden naar welke vakken in de tuin water moet. Kan ook gecombineerd worden met uitschuifbare sprinklerkoppen. Deze tweede configuratie is meer geavanceerd is dus een niveau dieper.

3 Elektriciteitsaansluiting en internet nodig?

3.1 Elektriciteit

Bij het monitoren of automatiseren in de tuin zal er sprake zijn van sensoren die signalen doorgeven en misschien bediening plaatsvinden door actuatoren, zoals een schakelaar die een pomp bedient of een lineaire actuator die een raam opent en sluit. Hier is elektriciteit voor nodig.

Deze elektriciteit kan op diverse manieren worden aangeleverd. De elektriciteit kan geleverd worden door het aanleggen van stroom in de tuin, of door de combinatie zonnepaneel/accu, maar er zijn ook draadloze sensoren die batterij gedreven zijn en lang mee kunnen op een batterij.

Een sensor zal relatief weinig stroom gebruiken en er zijn dan ook sensors die lang meegaan op een batterij. Maar gaat het om apparaten die ook acties uitvoeren dan zal er meer elektrische vermogen nodig zijn. Bijvoorbeeld een pomp of een motor die het zeil oprolt van de kassen. Deze hebben meer stroom nodig. Bij dergelijke toepassingen is dan de vraag of het aanleggen van stroomtoevoer wenselijk is, of dat een zonnepaneel/accu kan volstaan.

Beide opties worden hieronder besproken.

3.1.1 Stroomaansluiting via ondergrondse kabels

De aanleg van stroom via ondergrondse kabels is vermoedelijk de meest ideale keuze. De inspanning van dit aanleggen is dan éénmalig en dan is er jarenlang gebruik van te maken. Wel is veiligheid hier een aandachtspunt. De tuin is een plek waar regelmatig verandering is en de grond gefreesd wordt. Stroomkabels moeten onder geen beding bloot komen te liggen en een gevaar opleveren.

Onderstaande video's geven een indruk van de werkzaamheden die nodig zijn voor het aanleggen van elektriciteit in de tuin



Link: [How to feed cable through pipe or conduit in the garden](#)



Link: [Adding Electricity To A Permanent Greenhouse³](#)

3.1.2 Combinatie zonnepaneel-accu

Aan het aanleggen van stroomkabels zit echter wel een kostenplaatje en de nodige arbeidstijd vast. Een alternatief dat sneller is te realiseren is een combinatie van zonnepaneel en accu.

Denk hierbij aan configuratie als in Afbeelding 3. Deze afbeelding is afkomstig uit een video van youtuber GreatScott⁴, link: <https://youtu.be/2YJHcGQnpAk?t=277>



Afbeelding 3: Zonnepaneel, accu en omvormer zoals gebruikt in de youtube video van GreatScott

Deze youtuber gebruikt een opstelling waarin de accu in een kastje zit met bescherming tegen regenwater:



Afbeelding 4: Afbeelding uit youtube video Great Scott, kastje waarin een accu zit

Naar schatting zijn de kosten voor de onderdelen van de zonnepaneel, omvormer en accu zo'n €200.

Nadelen van zonnepaneel en accu

Het nadeel van het gebruik van zonnepaneel en accu is dat de betrouwbaarheid minder hoog is dan bij stroom uit stopcontacten. Accu's hebben een bepaalde levensduur en daarna zullen ze vervangen moeten worden, als de accu einde levensduur is, zal er plotselinge uitval zijn. Verder is er de vraag of de accu wel voldoende presteert bij lagere temperaturen. En of in een tijd van het jaar met minder zonnesterkte de accu wel voldoende geladen kan worden. Ook heeft een accu een meer beperkte capaciteit dan wat stroom uit een stopcontact kan leveren. Voor apparaten met hoger stroomverbruik als pompen zal dus goed moeten worden gekeken of een accu wel voldoet.

3.1.3 Uitzonderingen, toepassingen zonder elektriciteit

Soms zijn er toepassingen die zonder elektriciteit werken. Het kan een voordeel zijn om hiervoor te kiezen in plaats van een toepassing waarbij elektriciteit nodig is, omdat het eenvoudiger is.

Denk hierbij bijvoorbeeld aan automatische openers van kasramen, die werken met cilindres. De warmte in de kas warmt een vloeistof in een cilinder op. Er vindt uitzetting plaats en een mechanisme wordt in beweging gezet waardoor het raam geopend wordt bij zo'n 24 graden. De ramen sluiten zich bij 15 graden als de cilinder afkoelt waarbij krimpings plaatsvindt. Zie afbeeldingen 5 en 6. Wel moet hierbij vermeld dat deze alleen de temperatuur stuurt, en niet de luchtvochtigheid. Om ook een optimale luchtvochtigheid te bereiken zijn andere toepassingen beter, dit is verder vermeld in paragraaf 12.2 Het bereiken van de optimale luchtvochtigheid in de kas.



Afbeelding 5: Automatische kasroomopener met cylinder



Afbeelding 6: Rooster met automatische opening mbv cylinder

3.2 Internetaansluiting

Naar gelang de vorm van gekozen automatisering, kan het nodig zijn dat er een connectie met internet aanwezig is. Is er de wens om uit te kunnen lezen op afstand vanuit huis of waar dan ook? Dan zal er een internetaansluiting nodig zijn.

Een internetaansluiting via kabel of ADSL is best prijzig en de abonnementskosten zullen zo rond €40-60 per maand liggen. Een alternatief is om een mobiel abonnement te gebruiken in combinatie met een router waar een simkaart in kan geplaatst worden. Een tweedehands router op Marktplaats zou hier bij volstaan. En het kan best dat een relatief goedkoop abonnement met een paar GB aan databundel kan volstaan, als deze alleen wordt gebruikt voor de externe communicatie via internet voor het automatiseren.

4 Omstandigheden in de tuin belangrijk om in overweging te nemen bij keuze producten

De tuin is een ander soort omgeving dan waar doorgaans automatisering wordt toegepast. Meestal zal automatisering binnen een gebouw of huis worden toegepast. In buitenomgeving zijn de omstandigheden anders. Er is meer sprake van temperatuurschommelingen, namelijk van temperaturen onder nul tot in de zomer boven de 30 °C. Verder kan er meer blootstelling zijn aan water door regen of gecondenseerd water. Ook zal er zo nu en dan een stevige wind zijn. Verder wordt er gewerkt in de tuin en vinden er wat ruwere activiteiten plaats.

Het is dus belangrijk om dit mee te nemen in het ontwerp van meet- en regeltechniek. Veel producten voor de consumentenmarkt en voor gebouwen zullen hierdoor minder geschikt zijn. De materialen zullen bij voorkeur zo robuust mogelijk uitgekozen moeten worden. Ook zal rekening gehouden moeten worden dat gebruikte producten een minder lange levensduur zullen hebben, dan wanneer ze binnen zouden worden gebruikt.

5 Verschil tussen bedrade en draadloze communicatie

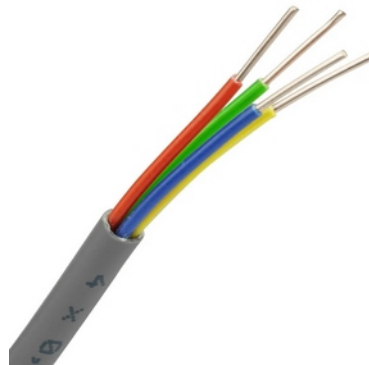


...ndt communicatie plaats. Deze kan verlopen via ...
...g. Beide mogelijkheden hebben zo hun voor- en

...bels zijn, zie Afbeelding 8. Of andere
...bels (Afbeelding 9).



Afbeelding 8: Ethernetkabel



Afbeelding 9: signaalkabel, meeraderig

Over het algemeen is bedrade communicatie meer betrouwbaar dan draadloze communicatie. In industriële situaties zoals fabrieken, zijn eerder bedrade systemen in gebruik dan draadloze, vanwege die hogere betrouwbaarheid. Tevens kan bedrade communicatie langere afstanden aan dan de meeste draadloze protocollen, WiFi signaal heeft bijvoorbeeld een bereik van zo'n 100 m (in ideale omstandigheden) en wordt ook zwakker bij meer afstand.

Wel zijn er draadloze protocollen die geschikt zijn voor langere afstanden. Een voorbeeld hiervan is LoRa (Long Range). LoRa is een protocol dat is ontwikkeld voor lange afstanden, kilometers, en weinig energieverbruik. Dit maakt de techniek geschikt voor gebruik met batterijen. Meer over LoRa in Hoofdstuk 7 LoRa sensoren, draadloze communicatie over lange afstand .

Het zal afhankelijk zijn van de situatie en de toepassing waar de keuze op valt. De haalbare afstand speelt een rol, maar ook de kosten, de snelheid van installeren en ook de gewenste betrouwbaarheid. Wat betreft die betrouwbaarheid, om een voorbeeld te geven: voor een weerstation zal het niet zo erg zijn als een paar keer per dag een meting van de temperatuur of luchtvochtigheid niet doorkomt om nog steeds een goed beeld te krijgen. Ga je bijvoorbeeld sturen op bodemvochtigheid en bewatering aansturen dan is het belang veel groter dat communicatie foutloos verloopt.

Tabel 1 geeft een overzicht van de voor- en nadelen van de twee soorten communicatie.

Tabel 1: Overzicht voor- en nadelen van bedrade en draadloze communicatie

	Bedraad	Draadloos
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Communicatie over lange afstand mogelijk • Betrouwbaarheid hoger dan draadloos 	<ul style="list-style-type: none"> • Goedkoper dan bedraad • Veel kant en klare toepassingen op de markt • LoRa protocol kan gebruikt worden, kan in combinatie met batterijen • Mesh netwerk soms mogelijk, waarbij de nodes ook informatie doorgeven, maakt een netwerk stabiel.
Nadelen	<ul style="list-style-type: none"> • Meer materiaalkosten • Aanleg van bedrading is meer tijdrovend 	<ul style="list-style-type: none"> • Afstand is beperkt voor veelgebruikte protocollen (wifi, Zigbee, Bluetooth) • Betrouwbaarheid minder dan bedraad • Sommige mensen vinden dat straling de natuur kan verstoren • Een frequentieband kan vol raken door andere gebruikers in de buurt of veel apparaten

Power over Ethernet

Bij bedrade communicatie kan, afhankelijk van de gebruikte techniek, zowel communicatie als stroomtoevoer tegelijkertijd aangeboden worden. Een voorbeeld hiervan is Power over Ethernet (PoE). Dit wordt gebruikt bij bijvoorbeeld beveiligingscamera's. Hierbij gaat er slechts één kabel naar de camera. Dit kan over een langere afstand van honderden meters. Dat betekent dat je geen extra stroomkabel hoeft te trekken naar de camera. Sensoren en microcontroller boards hebben soms ook PoE beschikbaar.



Afbeelding 10: Power over Ethernet toepassing bij een camera

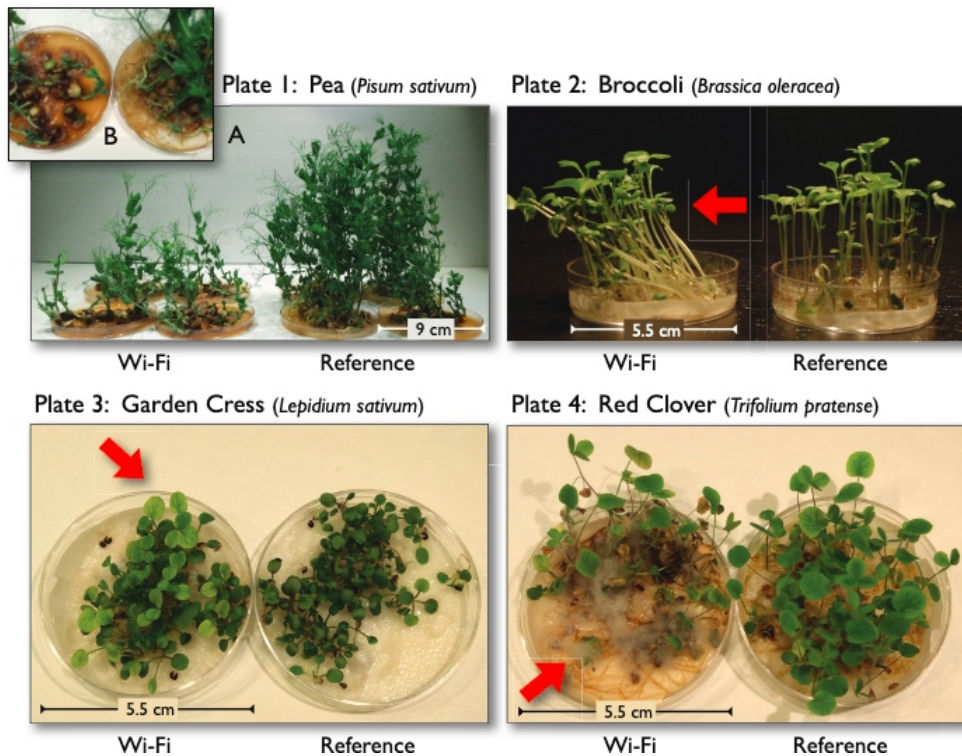
5.1 Electromagnetische straling van draadloze netwerken, slecht voor plant en dier?

Het is tegenwoordig erg gebruikelijk om draadloze technieken te gebruiken. Vrijwel elk huis in Nederland heeft een WiFi netwerk, waar computers, laptops en telefoons op worden aangesloten. Velen beschouwen dit als veilig en zonder invloed op de mens, maar er zijn ook wel geluiden van onderzoekers die er anders over denken.

Gezien dat moestuin de Haar hoog in het vaandel heeft staan om het milieu niet te belasten, is het wel goed om aandacht aan ‘stralingsvervuiling’ te schenken in dit verslag.

Tijdens de oriëntatie viel een wetenschappelijk publicatie⁵ op, die sprak van een negatieve invloed van WiFi op planten. Een aanmerking op dit onderzoek kan zijn, dat de afstand van de WiFi router op de planten wel erg dichtbij is gekozen (8 – 30 cm). In de praktijk van de tuin zal de afstand doorgaans groter zijn, hoewel de straling wel kan toenemen bij meer wifi apparaten.

Onderstaande afbeelding is afkomstig uit die publicatie:



Afbeelding 11: Afbeeldingen afkomstig uit wetenschappelijke publicatie, zie Bijlage A. Bij sommige planten lijkt een duidelijke invloed van Wifi aanwezig.

Zorgen om effecten van straling op mens, plant en dier kunnen reden zijn om niet voor WiFi te kiezen als techniek. In Hoofdstuk 7 LoRa sensoren, draadloze communicatie over lange afstand wordt LoRa afzonderlijke besproken. Dat is ook een draadloze techniek, maar heeft een minder hoge impact, omdat de signaalsterkte minder hoog is en er met intervallen informatie wordt verzonden.

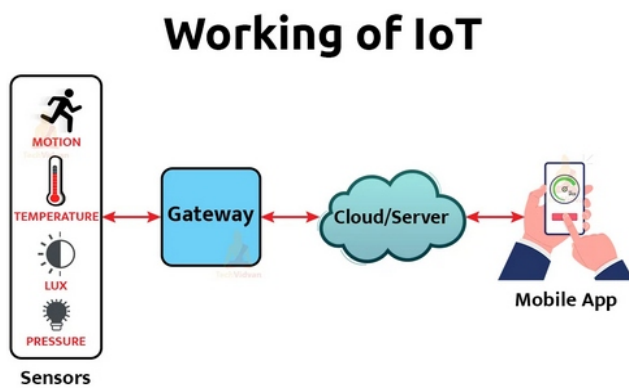
Ook RF (433Mhz of 868 Mhz) producten kunnen geschikt zijn om straling te mijden. Deze communiceren ook met korte pakketjes data. Klikaankluit stekkers zijn een voorbeeld van RF techniek.

Om draadloos helemaal te vermijden kan ook de keuze worden gemaakt voor bedrade communicatie.

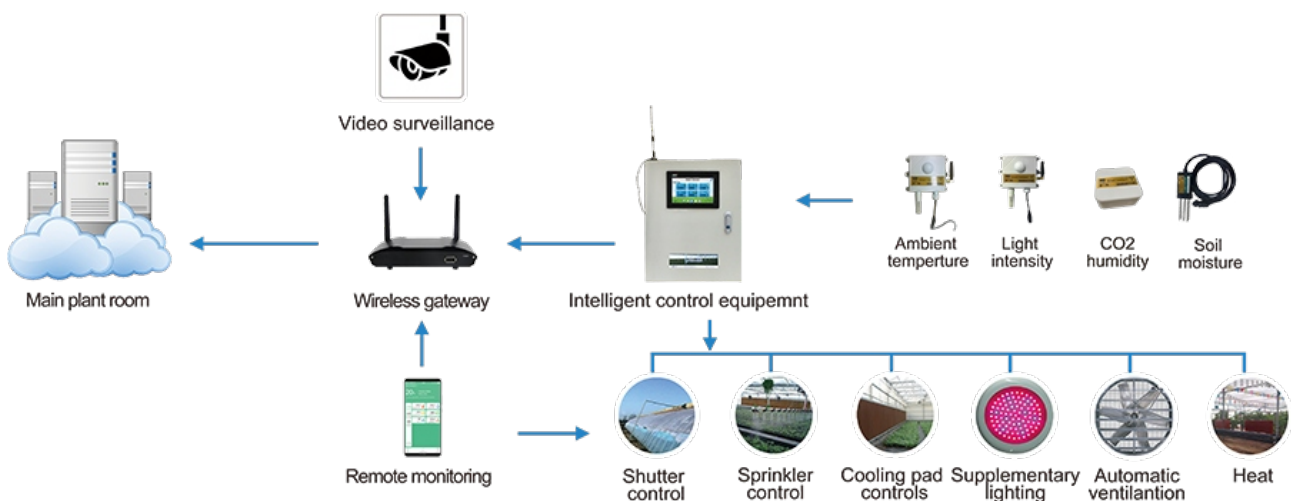
6 Automatisering met bediening op afstand vereist een server

Bij het ontwerpen van een systeem waarbij je via een webbrowser of app het systeem kan monitoren en configureren, is sprake van een systeem dat werkt met een centrale server. Een server is een centrale computer die communiceert met de sensoren, schakelaars en actuators in de tuin. Op de server vindt het 'denkwerk' plaats. De server 'bepaalt' of er acties moeten worden uitgevoerd op basis van de waarden van de sensoren en de ingestelde configuratie.

Grof gezegd ziet een systeem met een server, ongeacht welke fabrikant de producten maakt er ongeveer uit als Afbeelding 12.



Afbeelding 12: Schematische afbeelding van een configuratie met een server. De afbeeldingen links stellen sensoren en regelaars voor. Een gateway is een apparaat dat soms nodig is om de gegevens door te geven van en naar de server. herkomst afbeelding: internet.



Afbeelding 13: Meer gedetailleerde afbeelding, gelijkwaardig aan Afbeelding 12, toegespitst op broeikassen⁶.

Tijdens de oriëntatie op mogelijkheden van automatisering in een tuin, werden verschillende aanbieders van systemen met een server aangetroffen die zich specifiek richten op agricultuur.

Dergelijke systemen hebben allemaal een *user interface*, ook wel dashboard genoemd, waarop ingelogd kan worden via een webbrowser op de computer en/of een app op de telefoon.

Via die interface kan de gebruiker de volgende acties doen:

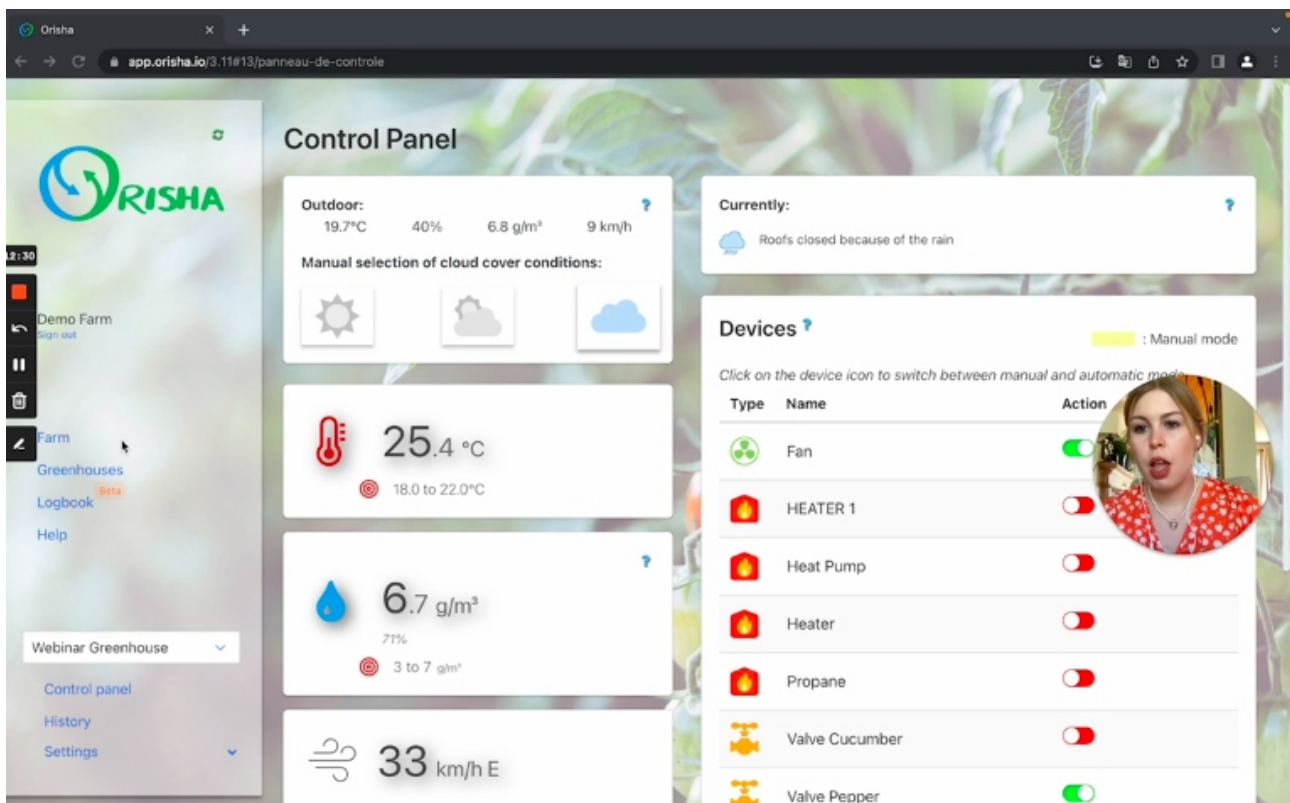
- **het bekijken van de waarden van de sensoren (monitoren)**
- **Het configureren van het systeem**
- **Instellen welke acties moeten worden gedaan op basis van triggers en voorwaarden (automatiseringen)**

Een trigger kan zijn: “De temperatuur in de kas is hoger dan 30° C.”

Een voorwaarde kan zijn: “Het regent niet”

Een actie kan zijn: “Start de rolmotor voor oprollen zijl tunnelkas”

Per aanbieder ziet zo’n interface er verschillend uit. Twee voorbeelden van dashboards van software pakketten zijn te zien in Afbeelding 14 (Orisha) en Afbeelding 15 (Home Assistant). Beide systemen worden verder besproken in paragraaf 6.3.



Afbeelding 14: Het dashboard van aanbieder van kassenautomisering-software Orisha⁷



Afbeelding 15: Dashboard bij gebruik van softwarepakket Home Assistant, zoals toegepast door de youtuber LED Gardener⁸. Hier geopend op een tablet.

Grof gezegd lijken dergelijke systemen softwarematig allemaal op elkaar. Maar er zullen wel veel verschillen zijn op de volgende gebieden:

- **mate van gebruikersvriendelijkheid**
- **mogelijkheden tot configuratie**
- **complexiteit van de in te stellen automatiseringen**
- **ondersteuning van apparaten waarmee gecommuniceerd kan worden**

Er zijn verschillende protocollen: WiFi, LoRaWAN, MQTT, RS485 Modbus etcetera en het is afhankelijk van het systeem of ze deze ondersteunen. De ondersteunde protocollen bepalen met welke producten (sensoren en actuatoren) dit systeem kan samenwerken. Sommige aanbieders zullen een lijst van producten aanbieden of waarnaar verwezen wordt, die samenwerken met de software.

- **Mate van ondersteuning vanuit de leverancier**

Een belangrijk criterium om mee te nemen is welke hulp een leverancier kan bieden. Zijn ze goed te bereiken voor vragen? Hebben ze goede documentatie beschikbaar voor setup en probleemoplossing?

6.1 Open source vs. commercieel

Een belangrijke overweging in het kiezen van de software voor automatisering is of de software gemaakt is door een commerciële aanbieder of dat deze 'open source' is.

Open source

Open source wil zeggen de makers van de software samenwerken via internet, waarbij iedereen verbeteringen kan aandragen die door het team achter de software kunnen worden geaccepteerd en worden opgenomen in de meest recente versie.

De code van open source software is vrijelijk en kosteloos op internet verkrijgbaar en mag door iedereen worden overgenomen en gebruikt. Het voordeel van dit open source model is dat er een grote groep programmeurs, hobbyisten maar ook bedrijven, samen kunnen werken aan het maken van de software. Als er veel enthousiasme ontstaat rondom een software programma, dan kan die groep groeien en kan er een sterk product ontstaan. Een product dat, als het door een bedrijf gemaakt zou moeten worden grote ontwikkelingskosten zou hebben en daarmee een hoge prijs voor de afnemer hebben.



WORDPRESS

Afbeelding 16: Logo Wordpress, een bekend en succesvol Open source project

Een bekend voorbeeld van open source software is Wordpress, een veel gebruik content management systeem voor het maken van websites. Wordpress is ook in gebruik door Moestuin de Haar. Alle Android telefoons in de wereld draaien op een vorm van Linux, een computerbesturingssysteem dat open source is.

Commerciële software

Bij software die is gemaakt door een bedrijf is de softwarecode niet openbaar en is het bedrijf de eigenaar. Met dit model betaalt de afnemer eenmalige of periodieke kosten om de software te kunnen gebruiken.

Tabel 2 toont een overzicht van voor- en nadelen van open source software en commerciële software.

Tabel 2: Overzicht voor- en nadelen van open source en commerciële software

	Open source	Commercieel
Voordelen	<p>Lage kosten, omdat de software kosteloos te downloaden is.</p> <p>Als het een project is met veel bijdragers en gebruikers, ontwikkelt het zich snel is er veel onderhoud aan de softwarecode.</p>	<p>Bedrijf biedt vaak mogelijkheden tot contact bij problemen en vragen.</p> <p>Bedrijf heeft er belang bij dat je klant blijft en dat is een prikkel om eventuele fouten in de software snel op te lossen.</p>
Nadelen	<p>Zit geen organisatie achter die een aanspreekpunt is bij vragen en problemen. De software kan wel goede documentatie hebben. Verder is de gebruiker aangewezen op bronnen op internet en forums om vragen te stellen of externe bedrijven.</p>	<p>De kosten zijn hoger door aanschaf en/of abonnementskosten</p> <p>De continuïteit van een softwarebedrijf is niet gegarandeerd. Een bedrijf kan stoppen met een product of failliet gaan. Dan kan een probleem ontstaan voor de gebruikers. Een open source project kan ook stranden, maar voor een populair open source project ligt dat niet voor de hand.</p>

6.2 Cloudgebaseerd of volledig lokaal draaiend

Een belangrijk aspect om in overweging te nemen bij het maken van een keuze voor een server gebaseerd systeem is, of deze gebruik maakt van een zogenaamde cloud of dat het in een lokaal netwerk functioneert.

De ‘Cloud’ is een term die gebruikt wordt voor software die draait op de computer van de leverancier. Veel producten op het gebied van slimme sensoren en automatisering, werken samen met de cloud van de leverancier.



Afbeelding 17: De term 'Cloud' roept een wat vreemde voorstelling op, maar het is gewoon een computer die ergens in een serverpark staat, waarmee gecommuniceerd wordt

Het cloudmodel heeft voor- en nadelen, de voordelen zijn:

- Er is geen server nodig op de locatie, dat verlaagt de aanschafkosten voor de gebruiker
- Het configureren van de producten vereist doorgaans minder technische handelingen
- Het technisch onderhoud aan het servergedeelte is in handen van de leverancier

De nadelen van het cloudmodel zijn:

- Er is internetconnectie nodig voor communicatie met de sensoren en actuatoren. Bij uitval van internet, valt functionaliteit weg.
- Er is een afhankelijkheid van de leverancier. Stopt de leverancier het product of gaat de leverancier failliet dan is onzeker of de functionaliteit nog wel in tact blijft
- Er is geen eenmalige aanschaf, maar veelal betaalt de gebruiker ook voor een abonnement voor het gebruik van de clouddiensten
- Doorgaans werken alleen de als sensoren en actuatoren van het eigen merk. Er kan sprake zijn van een zogenaamde vendor lock in.

Een alternatief voor het cloudmodel is een configuratie met een server die lokaal geïnstalleerd wordt. Hoewel dit wel iets duurder is in de aanschaf, geeft dit op de lange termijn wel meer zekerheid dat producten zullen blijven werken ongeacht of de fabrikant ze blijft aanbieden of niet. Problemen oplossen met een server zal wel zelf gedaan moeten worden.

De voordelen van een lokale configuratie zijn:

- Het systeem blijft werken bij wegvallen van de internetverbinding
- Er is geen afhankelijkheid van een bedrijf, die zijn producten en diensten kan beëindigen

De nadelen zijn:

- Iets hogere aanschafkosten, omdat er een server lokaal gedraaid wordt
- Het beheer van de server zal zelf moeten worden gedaan, hoewel deze erg gebruikersvriendelijk kunnen zijn

6.2.1 Vendor lock-in

Zoals genoemd bij de nadelen van een systeem met een cloudafhankelijkheid, kan het voorkomen dat een fabrikant alleen kan samenwerken met producten van het eigen merk of een aantal bepaalde merken. Dan spreekt men van een vendor lock-in. De gebruiker heeft dan slechts een beperkte keuze aan sensoren en actuatoren die kunnen communiceren met het systeem. Meestal is dat financieel niet de voordeligste optie en zullen niet alle producten voldoen aan de wensen voor de situatie in de tuin.

6.3 Aanbieders van tuin en kassenautomatisering

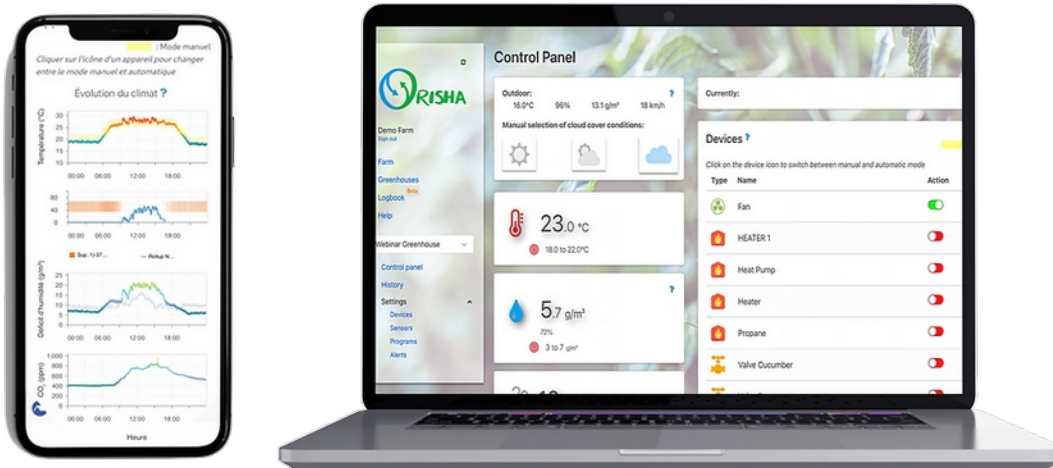
In de volgende paragrafen worden aanbieders besproken van automatisering-systemen voor agricultuur die tijdens de oriëntatie op het onderwerp automatiseren in de tuin aangetroffen werden. Dit is geen volledige lijst. Het zijn slechts de bedrijven die tijdens het oriënteren opvielen.

6.3.1 Orisha



Naam:	Orisha
Website:	https://www.orisha.io
Open source of commercieel:	Commercieel
Lokaal of cloud:	Cloudgebaseerd
Gevestigd in:	Canada

Orisha een bedrijf dat automatiseringssoftware en hardware uitbrengt, die zich richt op kleinere tuinders, ‘market gardeners’.



Afbeelding 18: Aflezen en bediening via app en browser met het Orisha systeem

De kosten van Orisha beginnen bij \$35 / maand. Ook heeft Orisha inkomsten uit het verkopen van onderdelen zoals sensoren en actuatoren.

Er zijn diverse ‘testimonial videos’ te vinden van Orisha gebruikers op Youtube en op de site van Orisha. Het is goed te vermelden dat de indruk is, dat deze gebruikers een tegenprestatie hebben gekregen, zoals een korting, want de video’s zijn veelal gepubliceerd op het youtube kanaal van Orisha zelf, want de video’s lijken niet geheel onafhankelijk in hun oordeel.

De volgende video is een interessante video waarin een tuinder verteld over zijn ervaringen met het Orisha systeem.



Link: [The Secret To PERFECT Greenhouse Crops | Greenhouse Automation](#)

Verder zijn veel videos door Orisha gemaakt te vinden op het [youtube kanaal](#) van Orisha zelf.

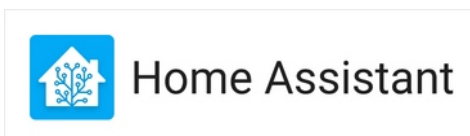
Indruk:

Het bedrijf Orisha is een jong bedrijf en heeft een relatief klein team van medewerkers.

Vermoedelijk zijn de kosten van het product daarom relatief gezien niet erg hoog. Omdat hun team zo klein is, is de verwachting dat er wel tegen beperkingen aangelopen kan worden binnen de mogelijkheden van de software van Orisha. Het is niet aannemelijk dat de software heel erg geavanceerd is, met het kleine team van softwareontwikkelaars. In de praktijk kan het best zo zijn dat er wel eens wensen zijn die niet instelbaar zijn.

Het product komt ook met een cloudafhankelijkheid wat het risicovol maakt om hun producten aan te schaffen. Gezien het zo'n jong bedrijf is, is onduidelijk of ze overleven en op de lange termijn blijven bestaan en hun cloudproducten kunnen dan onbruikbaar worden. Voordeel van Orisha is dat ze zijn te benaderen voor vragen en informatie aanbieden met welke producten hun systeem samenwerkt. Dat kan nuttig zijn, 'zelf het wiel uitvinden' is dan minder nodig.

6.3.2 Home Assistant



Naam:	Home Assistant
Website:	https://www.home-assistant.io/
Open source of commercieel:	Open source
Lokaal of cloud:	Lokaal
Gevestigd in:	Niet van toepassing, open source
Kosten:	Gratis verkrijgbaar

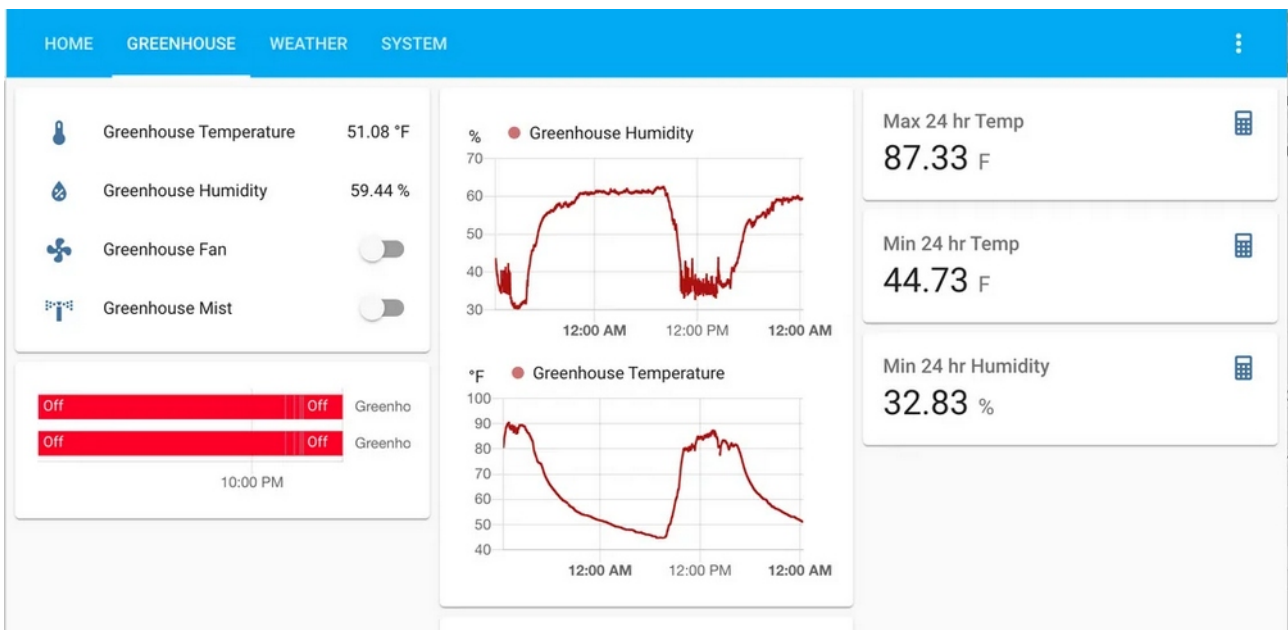
Home Assistant is een softwareprogramma dat werkt als een centrale server voor communicatie met sensoren en actuatoren. Daarnaast biedt het ook een zogenaamde ‘front-end’ waar de gebruiker de waardes kan uitlezen en het systeem van configureren. Hoewel de naam Home Assistant doet vermoeden dat het gaat om software die gemaakt is voor toepassingen in huizen, is Home Assistant ook erg geschikt voor andere toepassingen dan woningen. Veel van de communicatieprotocollen die toegepast kunnen worden in huizen, zijn ook breder in te zetten in bijvoorbeeld fabrieken, maar ook tuinen.

Home Assistant is open source software en is gratis te downloaden. Het is op dit moment erg populair onder techniek-hobbyisten en heeft wereldwijd miljoenen gebruikers en vele programmeurs die bijdragen aan de ontwikkeling. Home Assistant heeft een levendige community. Dit zorgt ervoor dat de ontwikkeling van de software heel snel gaat en problemen snel gemeld en opgepakt worden. Ook zijn er veel enthousiastelingen die tutorials op YouTube publiceren of elders op internet.

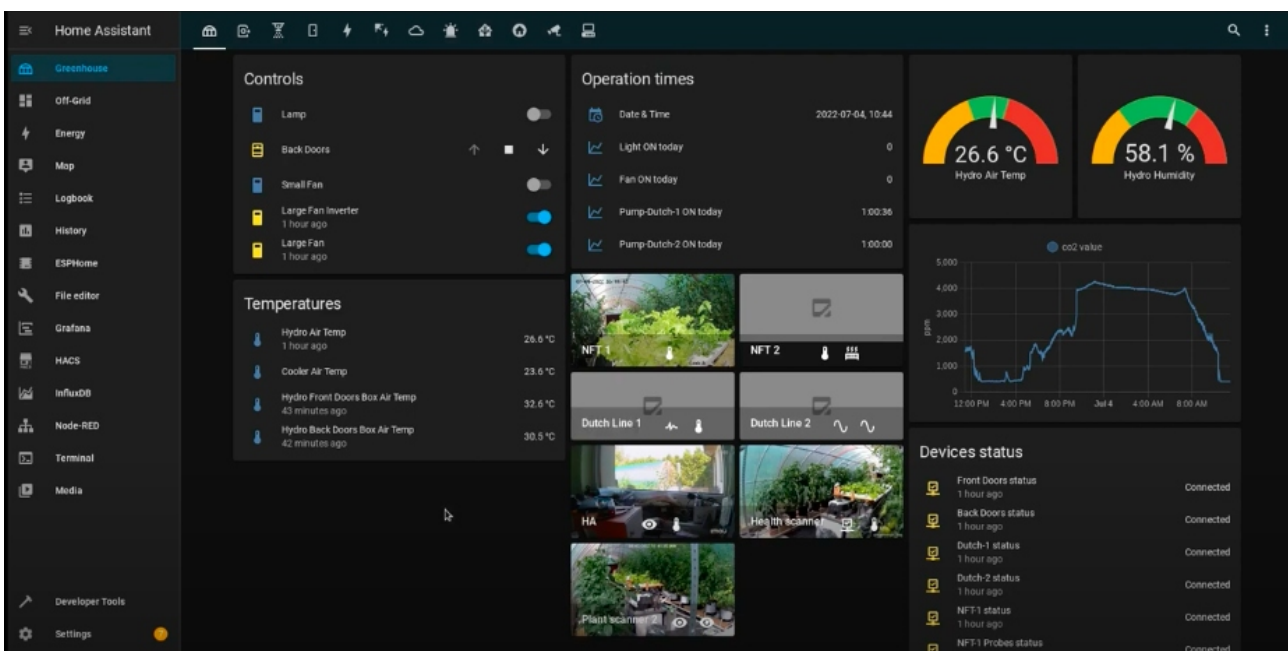
Home Assistant kan samenwerken met het overgrote deel van de apparaten op de markt. Ook maakt Home Assistant het mogelijk om producten met elkaar te laten samenwerken die van verschillende merken en communicatieprotocollen zijn.

Home Assistant wordt geïnstalleerd op een computer die dienst doet als een server. Dat kan bijvoorbeeld een oude laptop zijn of een Raspberry Pi microcomputer met SSD schijf.

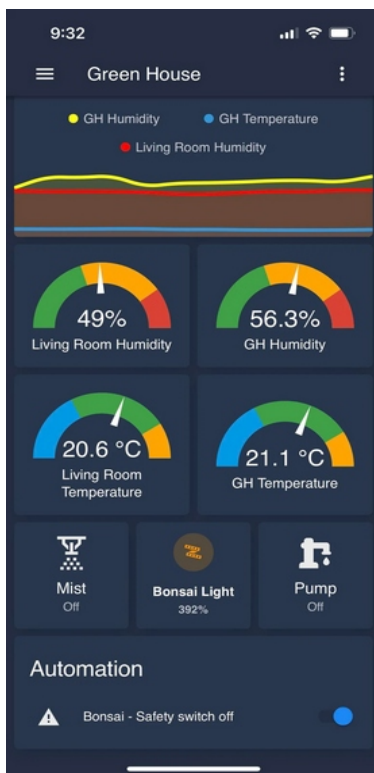
Enkele op internet gevonden afbeeldingen van dashboards met Home Assistant toegepast op broeikassen zijn:



Afbeelding 19: Een voorbeeld van een dashboard met Home Assistant, zoals weergegeven in een browser of tablet. Gedeeld door een gebruiker op internet⁹



Afbeelding 20: Dashboard van een gebruiker die Home Assistant gebruikt voor een kas met hydroponics groeimethode. Deze gebruiker past camera's toe en heeft ook een CO₂ meter, waarvan het verloop wordt getoond in een grafiek. Beeld afkomstig uit een youtube video¹⁰.



Afbeelding 21: Door een gebruiker op internet gedeelde afbeelding¹¹ van een dashboard zoals dat op de mobiele telefoon wordt getoond

Een interessante video waarin de mogelijkheden van Home Assistant in combinatie met het telen van groentes wordt besproken is onderstaande van LED Gardener. Wel belangrijk is hierbij op te merken dat de maker van deze video's zelf allerlei modules maakt in plaats van kant en klare modules te kopen. Aangezien hij zelf de vaardigheden heeft om deze modules te maken, zal hij defecten makkelijk kunnen oplossen. Voor Moestuin de Haar is het waarschijnlijk verstandiger om voor een configuratie met kant en klare modules te kiezen, dit wordt verder besproken in Hoofdstuk 10 Zelfbouwmodules tegenover kant en klare producten. Wel geeft de video een goed beeld van wat er mogelijk is met Home Assistant en is zijn configuratie dus ook te bereiken met 'plug&play' producten.



Link: [Update on My Automated Garden System \(Plus System Diagram, Parts List, & All Code Now Shared!\)](#)¹²

Indruk:

Het Home Assistant systeem lijkt erg geschikt om te gebruiken in de tuin. Het heeft lage kosten en kan erg goed aangepast worden naar de wensen van de gebruiker. Voordeel is dat het niet cloudafhankelijk is, wat het een toekomstbestendige oplossing maakt. Het werkt samen met veel producten op de markt. Vrijwel elk product met een vorm van communicatie is in het systeem op te nemen.

Omdat het open source is, is er geen ondersteuning vanuit een bedrijf. Wel zijn er zeer veel bronnen op internet beschikbaar en wordt Home Assistant zo gebruikelijk dat er eventueel ook wel techneuten voor in te huren zullen zijn, indien nodig.

6.3.3 Andere aanbieders

Tijdens de oriëntatie werden ook de volgende bedrijven aangetroffen die software aanbieden voor monitoring en aansturing. Om dit verslag enigszins compact te houden zijn ze hieronder alleen kort vermeld.

Naam:	30Mhz
Website:	https://30mhz.com/nl/
Open source of commercieel:	Commercieel
Lokaal of cloud:	Nog niet vastgesteld
Gevestigd in:	Rotterdam, Nederland

Naam:	Link4Controls
Website:	https://link4controls.com/
Open source of commercieel:	Commercieel
Lokaal of cloud:	Cloudgebaseerd
Gevestigd in:	Verenigde Staten
Kosten	Hoog

7 LoRa sensoren, draadloze communicatie over lange afstand

Dit document heeft verwijzingen naar allerlei typen sensoren en communicatieprotocollen. In dit hoofdstuk worden sensoren met het communicatieprotocol LoRa er uit gelicht, omdat ze erg geschikt lijken om gebruik te worden in de moestuin.

LoRa is een afkorting voor Long Range en is een draadloos communicatieprotocol, dat dus geschikt is voor communicatie over langere afstanden. Het is tevens ontworpen voor een laag energieverbruik en daarom kunnen sensoren jarenlang werken op batterijen.








Om LoRa werkend te krijgen in de tuin is een LoRa gateway nodig:



Afbeelding 22: Een LoRa gateway van het merk Dragino¹³

De gateway is de ontvanger van de meetwaarden van onderstaande LoRa sensoren. De Gateway kan ze dan weer doorgeven naar een server als Home Assistant (Paragraaf 6.3.2).

Tijdens de oriëntatie vielen de producten van fabrikant Dragino op als een lijn van LoRa producten die geschikt zijn voor agricultuur. Zie onderstaande screenshots (afbeeldingen 23 en 24) van Dragino's website.

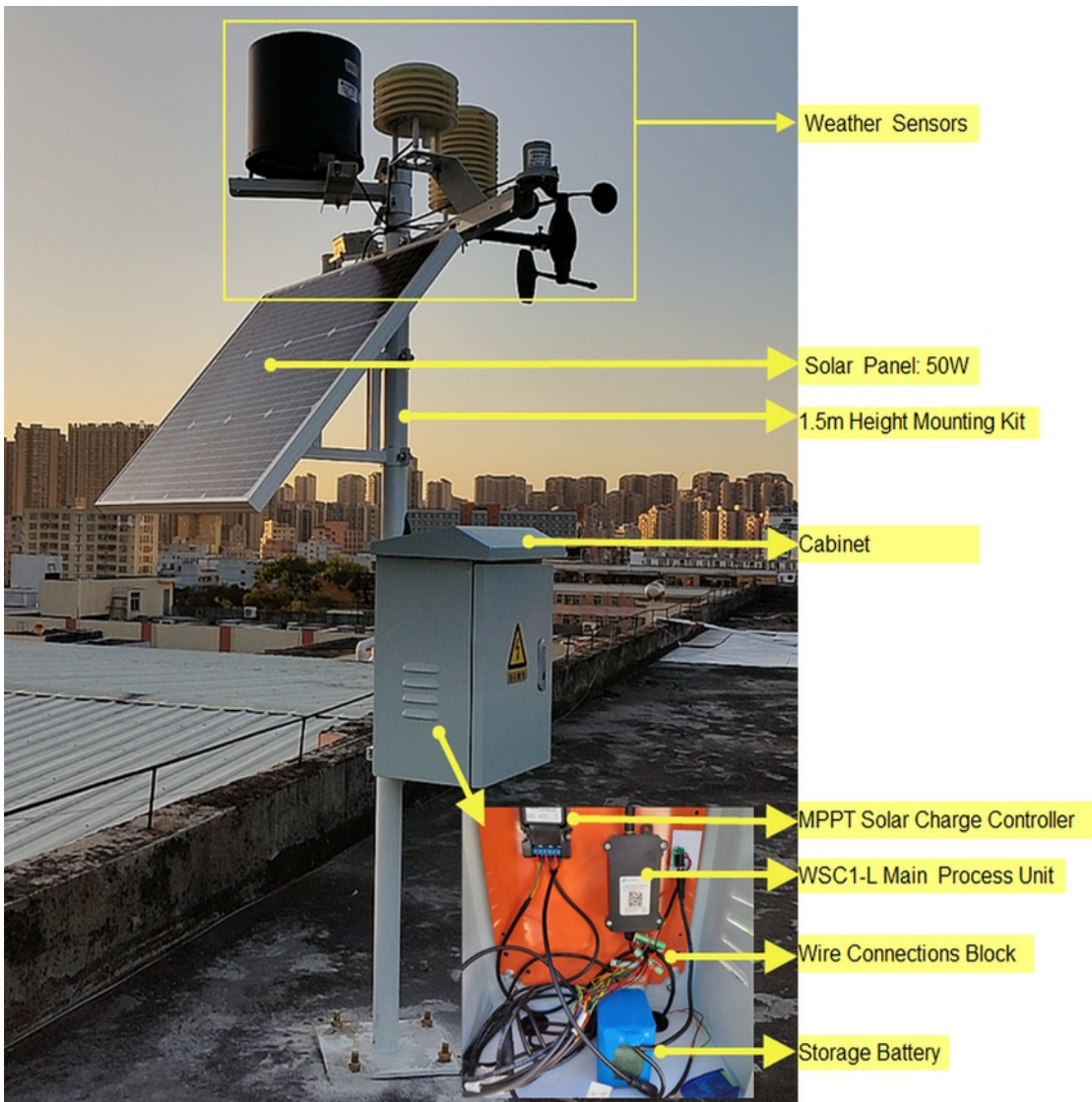
Model	Photo	Description
WSC2-LB – Main Process Unit		LoRaWAN main process unit in Dragino Weather Station solution Outdoor LoRaWAN RS485 end node Powered by external 12v solar power. Built-in li-on backup battery Support Bluetooth v5.1 and LoRaWAN remote configure Support wireless OTA update firmware
LMS01-LB – LoRaWAN Leaf Moisture Sensor		LoRaWAN Leaf Moisture Sensor LoRaWAN 1.0.3 Class A Bands:EU433,CN470,EU868,IN865,KR920,AS923,AU915,US915 Ultra Low Power Consumption Monitor Leaf moisture Monitor Leaf temperature Support Bluetooth v5.1 and LoRaWAN remote configure Support wireless OTA update firmware 8500mAh Battery for long term use
SPH01-LB – LoRaWAN Soil pH Sensor		LoRaWAN Soil pH Sensor LoRaWAN 1.0.3 Class A Bands:EU433,CN470,EU868,IN865,KR920,AS923,AU915,US915 Ultra Low Power Consumption Monitor soil pH with temperature compensation. Monitor soil temperature Monitor Battery Level Support pH calibration by end user Support Bluetooth v5.1 and LoRaWAN remote configure Support wireless OTA update firmware 8500mAh Battery for long term use
SE01-LB – LoRaWAN Soil Moisture & EC Sensor		LoRaWAN Soil Moisture & EC Sensor Bands:EU433, CN470,EU868,IN865,KR920,AS923,AU915,US915 Monitor Soil Moisture Monitor Soil Temperature Monitor Soil Conductivity Temperature Compensation Ultra Low Power Consumption Support Bluetooth v5.1 and LoRaWAN remote configure Support wireless OTA update firmware 8500mAh Battery for long term use
UV254-LB – LoRaWAN UVC Radiation Sensor		LoRaWAN 1.0.3 Class A Bands: CN470/EU433/KR920/US915/EU868/AS923/AU915/IN865 Detect UVC lamp working status,working efficiency Peak response spectrum 254nm Support Bluetooth v5.1 and LoRaWAN remote configure Support wireless OTA update firmware
SDI-12-LB – SDI-12 to LoRaWAN Converter		LoRaWAN 1.0.3 Class A Ultra-low power consumption Controllable 5v and 12v output to power external sensor SDI-12 Protocol to connect to SDI-12 Sensor Bands:CN470/EU433/KR920/US915/EU868/AS923/AU915/IN865 Support BLE and LoRaWAN remote configure Support wireless OTA update firmware
NLMS01 – NB-IoT Leaf Moisture Sensor		NB-IoT Leaf Moisture Sensor NB-IoT Bands: B1/B3/B8/B5/B20/B28 @H-FDD Monitor Leaf moisture Monitor Leaf temperature Ultra Low Power Consumption Micro SIM card slot for NB-IoT SIM
NSPH01 – NB-IoT Soil pH Sensor		NB-IoT Soil pH Sensor NB-IoT Bands: B1/B3/B8/B5/B20/B28 @H-FDD Monitor soil pH with temperature compensation. Monitor soil temperature Ultra Low Power Consumption Micro SIM card slot for NB-IoT SIM
GroPoint Air - LoRaWAN Multi Segment Soil Sensor Converter		Directly Supports GroPoint Profile Global LoRaWAN Bands. LoRaWAN v1.0.3 Class A Protocol IP66 Waterproof Enclosure 8500mAh Battery for long term use

Afbeelding 23: De producten van Dragino met LoRa techniek met toepassingen in de agricultuur, deel 1

WSS-07 – PAR (Photosynthetically Available Radiation)		Measure 400 – 700nm wavelength nature light's Photosynthetically Available Radiation.
WSS-06 – Total Solar Radiation sensor		RS485 Total Solar Radiation sensor Measure Total Radiation between 0.3–3µm (300~3000nm)
WSS-05 – Temperature/Humidity /Illuminance/ Pressure		RS485 Temperature, Humidity, Illuminance, Pressure sensor
WSS-04 – Rain & Snow Detect		RS485 Rain/Snow detect sensor Surface heating to dry grid electrode uses Electroless Nickel/Immersion Gold design for resist corrosion
WSS-03 – CO2/PM2.5/PM10		RS485 CO2, PM2.5, PM10 sensor NDIR to measure CO2 with Internal Temperature Compensation Laser Beam Scattering to PM2.5 and PM10
WSS-02 – Wind speed and direction sensor		RS485 wind speed / direction sensor PC enclosure, resist corrosion
WSS-01 – Rain Gauge		RS485 Rain Gauge Small dimension, easy to install ABS enclosure.
WSS1-L – Main Process Unit		LoRaWAN main process unit in Dragino Weather Station solution Outdoor LoRaWAN RS485 end node Powered by external 12v solar power. Built-in li-on backup battery
LSPH01 – LoRaWAN Soil pH Sensor		LoRaWAN Soil pH Sensor LoRaWAN 1.0.3 Class A Monitor soil pH with temperature compensation. Monitor soil temperature Monitor Battery Level Support pH calibration by end user LoRaWAN EU433, CN470,EU868,IN865,KR920,AS923,AU915,US915 Ultra Low Power Consumption
LLMS01 – LoRaWAN Leaf Moisture Sensor		LoRaWAN Leaf Moisture Sensor LoRaWAN 1.0.3 Class A Monitor Leaf moisture Monitor Leaf temperature LoRaWAN EU433, CN470,EU868,IN865,KR920,AS923,AU915,US915 Ultra Low Power Consumption
NSE01 NB-IoT Soil Moisture & EC Sensor		NB-IoT Soil Moisture & EC Sensor NB-IoT Bands: B1/B3/B8/B5/B20/B28 @H-FDD Monitor Soil Moisture Monitor Soil Temperature Monitor Soil Conductivity Ultra-Low Power consumption Micro SIM card slot for NB-IoT SIM
LSE01 – LoRaWAN Soil Moisture & EC Sensor		LoRaWAN Soil Moisture & EC Sensor LoRaWAN EU433, CN470,EU868,IN865,KR920,AS923,AU915,US915 Monitor Soil Moisture Monitor Soil Temperature Monitor Soil Conductivity Temperature Compensation Ultra Low Power Consumption

Afbeelding 24: De producten van Dragino met LoRa techniek met toepassingen in de agricutuur, deel 2

De verschillende weermodules zijn te monteren tot een weerstation zoals hieronder weergegeven:



Afbeelding 25: Voorbeeld van een configuratie met de Dragino LoRa basismodule voor weerstations met diverse modules.

Op de site van Seedstudio staan ook LoRa producten: <https://www.seedstudio.com/LoRaWAN-Device-c-1920.html>

8 AliExpress als plek om producten te kopen, wel of niet?

We leven in een tijd waarin veel elektronica gebruikt wordt en die producten worden veelal in lage lonen landen gemaakt. China is een bekend 'productieland' en tegenwoordig zijn zelfs producten direct vanuit China te bestellen via online marktplaatsen als AliExpress. AliExpress heeft een zeer breed aanbod aan producten, waaronder een breed assortiment aan sensoren en actuatoren. De prijzen zijn laag en de verzendkosten en levertijd zijn zelfs ook wel te overzien. Voor de hobbyist kan het een uitkomst zijn om daar net die ene sensor te vinden voor dat mooie prijsje om mee te knutselen. Op het eerste gezicht lijkt het ook een plek waar het gunstig is voor Moestuin de Haar om daar sensoren en andere onderdelen te bestellen ten behoeve van meten en regelen in de tuin.



Afbeelding 26: Logo AliExpress, site te bezoeken via <https://www.aliexpress.com>

Tegelijkertijd is Moestuin de Haar een plek die duurzaamheid op gebied van natuur, milieu en maatschappij hoog in het vaandel heeft staan. Deze aandachtspunten stroken mogelijk niet met het bestellen via sites als AliExpress. Er valt dus af te vragen of bij de aanschaf van sensoren en actuatoren gebruik gemaakt moet worden van een marktplaats als AliExpress.

Enkele minpunten van het kopen bij AliExpress kunnen zijn:

- De producten hoeven niet aan dezelfde veiligheidseisen te voldoen als producten binnen de EU. Laagspanningproducten hebben geen hoog veiligheidsrisico, hoogspanning producten (220 volt) aanschaffen is af te raden.
- Het kan oneerlijke concurrentie zijn met Nederlandse bedrijven
- Chinese bedrijven schenden soms patenten, dat is oneerlijke concurrentie tegenover bedrijven die tijd en geld steken in het ontwikkelen van een product.
- Het is onduidelijk of de arbeidsomstandigheden voldoen aan wat we hier wenselijk vinden
- Voor transport moeten ze helemaal uit China komen, ook al gebeurt dat weliswaar gebundeld in grote containers. Dat is meer milieubelastend.

Tegenover sommige van die minpunten staat dat deze ook al gelden voor producten die in de Nederlandse winkels liggen, want deze worden ook al veelal in lage lonen landen geproduceerd. In

de hedendaagse maatschappij valt het niet te vermijden producten te kopen die uit die landen komen. En verder kan het wel soms een uitkomst zijn dat het assortiment op AliExpress zo groot is, zodat je net dat ene specialistische product kan kopen. En misschien is het zelfs wel eerlijker als een consument direct kan kopen van de maker.

Het zal dus een afweging zijn of er gebruik gemaakt wordt van sites als AliExpress en zal misschien per soort product worden bekeken.

9 Geeft een sensor ook echt de juiste waarde? Calibratie en controle van de waardes

Wanneer je als tuinder wilt gaan sturen op sensoren die bepaalde waardes weergeven, dan is het van belang dat de weergegeven waarde ook echt betrouwbaar is. In de praktijk wordt door consumenten veelal een sensor gekocht en gaat men er van uit dat de weergegeven waarde klopt op het moment dat de sensor in gebruik wordt genomen.

Afhankelijk van de toepassing kan een afwijking in de meetwaarde gevolgen hebben. Het is dus goed om een sensor te controleren aan de hand van een bekende waarde. Ook is het belangrijk dat de tuinder dit in gedachten houdt tijdens bij het werken met sensoren en de sensorwaardes kritisch beoordeelt en de sensoren een of meerdere keren per seizoen controleert.

Een sensor kan op twee manieren afwijken. Een sensor kan in een bepaald meetgebied niet de juiste waardes weergeven of in het hele meetgebied niet juist zijn.

Dit heeft vaak met de kwaliteit van de sensor te maken. Ook kan het voorkomen dat een sensor een calibratie vereist. Het is slim om bij oriëntatie op de aanschaf van een sensor, eerst één stuk te kopen en deze te testen. Internet raadplegen voor bevindingen van anderen is ook een goed idee.

Soms staat bij een product in de specificaties wat voor sensor er wordt gebruikt. Bijvoorbeeld de DHT22, de SHT31 of BME280. De site Science in Hydroponics meldt¹⁴ bijvoorbeeld dat er slechte ervaringen zijn met de DHT22 sensoren, maar goede ervaringen met de SHT31 en de BME280.

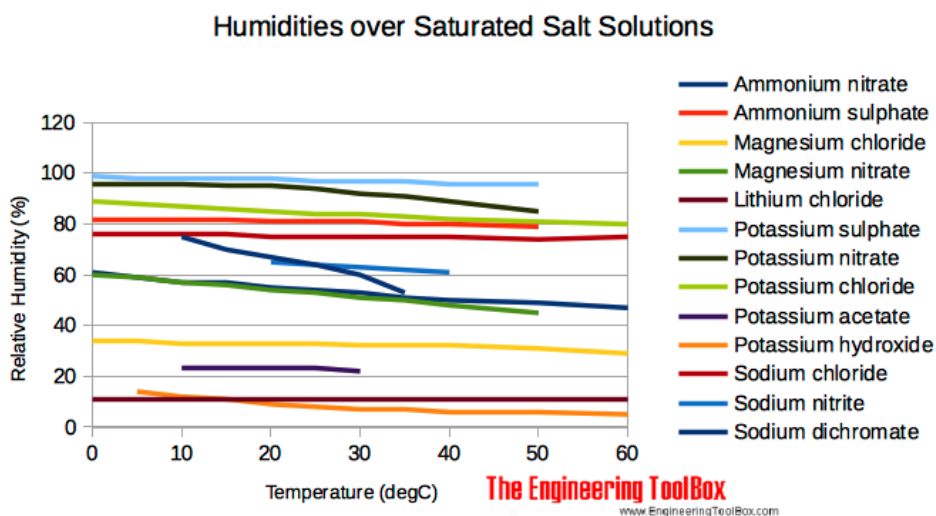
9.1 Controle van sensoren

Om te bepalen of de weergegeven meetwaarde van een sensor overeenkomt met de werkelijke waarde, kan een meting worden gedaan in een situatie waarvan bekend is welke meetwaarde deze moet geven.

Een voorbeeld. Een luchtvochtigheidssensor die meet in relatieve luchtvochtigheid, geeft de luchtvochtigheid weer in 0-100%. Om deze te controleren is het mogelijk gebruik te maken van

verzadigde zoutoplossingen. Vanuit de natuurkunde is bekend dat een afgesloten bakje met verzadigde oplossingen van een zout, bij kamertemperatuur, een bekende luchtvochtigheid heeft in de ruimte boven de vloeistof. Verschillende zouten (bijvoorbeeld Natrium chloride, Kalium acetaat, Ammonium nitraat) leveren verschillende, voor die stof bekende, luchtvochtigheidswaardes op voor de lucht in een afgesloten bakje. Door de sensor in zo'n bakje (of zipbag) te plaatsen kan gekeken worden of de weergegeven luchtvochtigheid gelijk is aan de luchtvochtigheid die de betreffende zoutoplossing oplevert. De opgeloste zouten leveren dus referentiewaardes op.

De verschillende luchtvochtigheidswaardes die bekend zijn bij diverse zouten zijn weergegeven in de grafiek in Afbeelding 27. Ze zijn veelal onafhankelijk van de temperatuur.

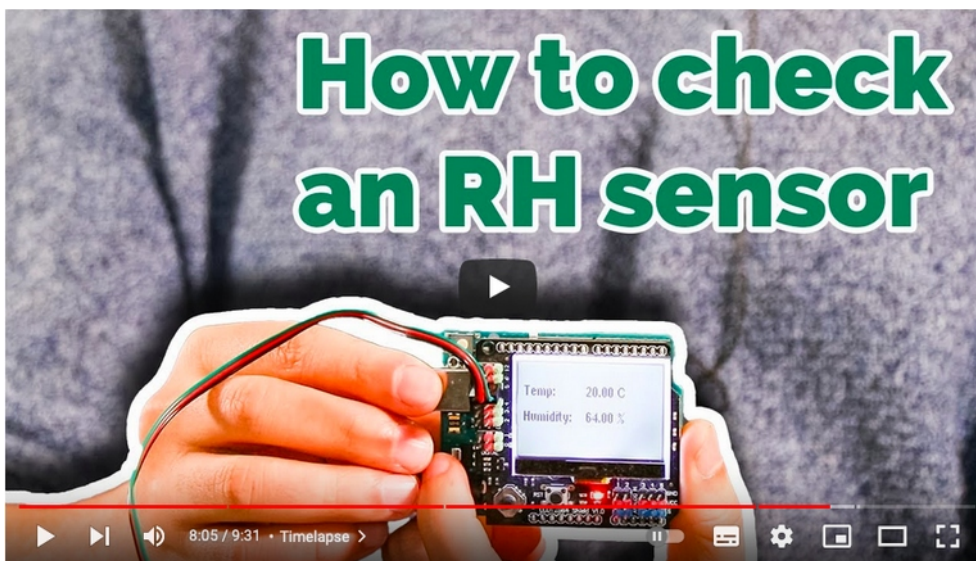


Afbeelding 27: Luchtvochtigheidswaardes van lucht boven verzadigde oplossingen van zouten die gebruikt worden bij het controleren of calibreren van luchtvochtigheidssensors. Te zien is dat elke zout een aparte luchtvochtigheid biedt in de ruimte boven de oplossing en dat die veelal stabiel blijft bij veranderende temperatuur.



Afbeelding 28: Calibratiekits die kant en klaar te koop zijn. Deze van het merk Boveda zijn gemaakt om het meetpunt 75% en 32% te controleren.

In onderstaande video van het kanaal Science in Hydroponics, wordt uitleg gegeven over het controleren of een sensor wel de juiste waarde weergeeft met behulp van een verzadigde zoutoplossing.



Link: [How to test relative humidity sensors](#)

Ook op de site van Science in Hydroponics¹⁵ staan diverse artikelen over het calibreren en/of controleren van sensoren, [Link](#).

Ook voor andere typen sensoren, zoals die voor temperatuur, bodemvochtigheid enzovoorts zijn er methoden om de meetwaarden te controleren.

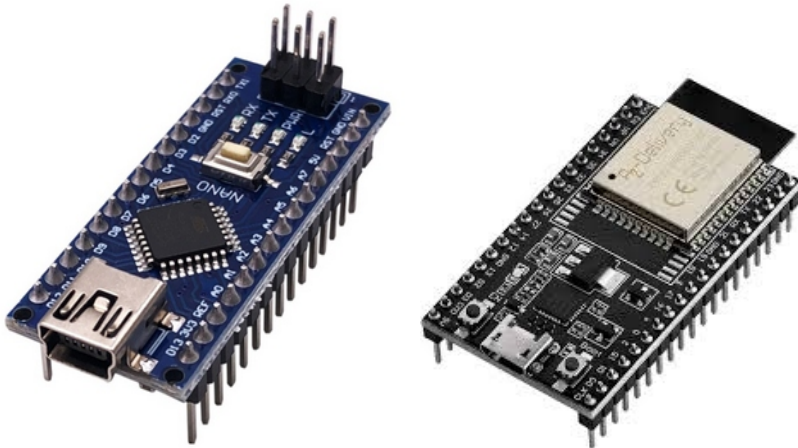
Naast het af en toe controleren van sensoren is het vanuit het oogpunt van betrouwbaarheid ook slim om meerdere sensoren te gebruiken in plaats van slechts één sensor. Door meerdere waardes te vergelijken, valt een afwijking sneller op (een systeem kan ook geconfigureerd worden dat er melding wordt gemaakt aan de gebruiker). Hoewel dit ook bedriegend kan zijn als meerdere sensoren een ongeveer even hoge afwijking krijgen naar gelang de tijd voortschrijd. Daarom is controle met een bekende referentiewaarde ook belangrijk.

10 Zelfbouwmodules tegenover kant en klare producten

Het is voor moestuin de Haar aan te raden smart producten te kopen die voor het overgrote deel kant-en-klaar zijn. Andere benamingen hiervoor zijn ook wel ‘plug&play’ en ‘off the shelf’. Binnen de praktijk van automatisering wordt ook veel gebruikt gemaakt op maat gemaakte modules met sensoren. Bij het opzoeken van informatie over automatisering in kassen komen dergelijke zelfbouwmodules veelvuldig langs en, ondanks dat ze af te raden zijn voor moestuin de Haar, het toch goed is ze toch even aan te stippen in dit document. Het is goed om deze manier van werken te herkennen en daarmee te begrijpen dat dit tuinders zijn met zelf elektrotechnische kennis of die iemand inschakelen voor het beheer van deze apparatuur. In de meeste gevallen is hetzelfde te bereiken met producten die meer in de categorie ‘plug&play’ vallen en deze informatie dus niet als afschrikkend te ervaren.

Voordelen van een zelfgebouwde modules zijn de lage kosten en de mogelijkheid om een ontwerp te maken dat volledig aan alle wensen voldoet. Toch zijn dergelijke zelfbouwmodules af te raden voor Moestuin de Haar. Zulke modules vereisen veel specialistische kennis en als er problemen of defecten zijn, moet er een techneut worden ingeschakeld. Waar met kant-en-klare producten deze makkelijker door een tuinder zelf kunnen worden vervangen om het systeem weer werkend te krijgen.

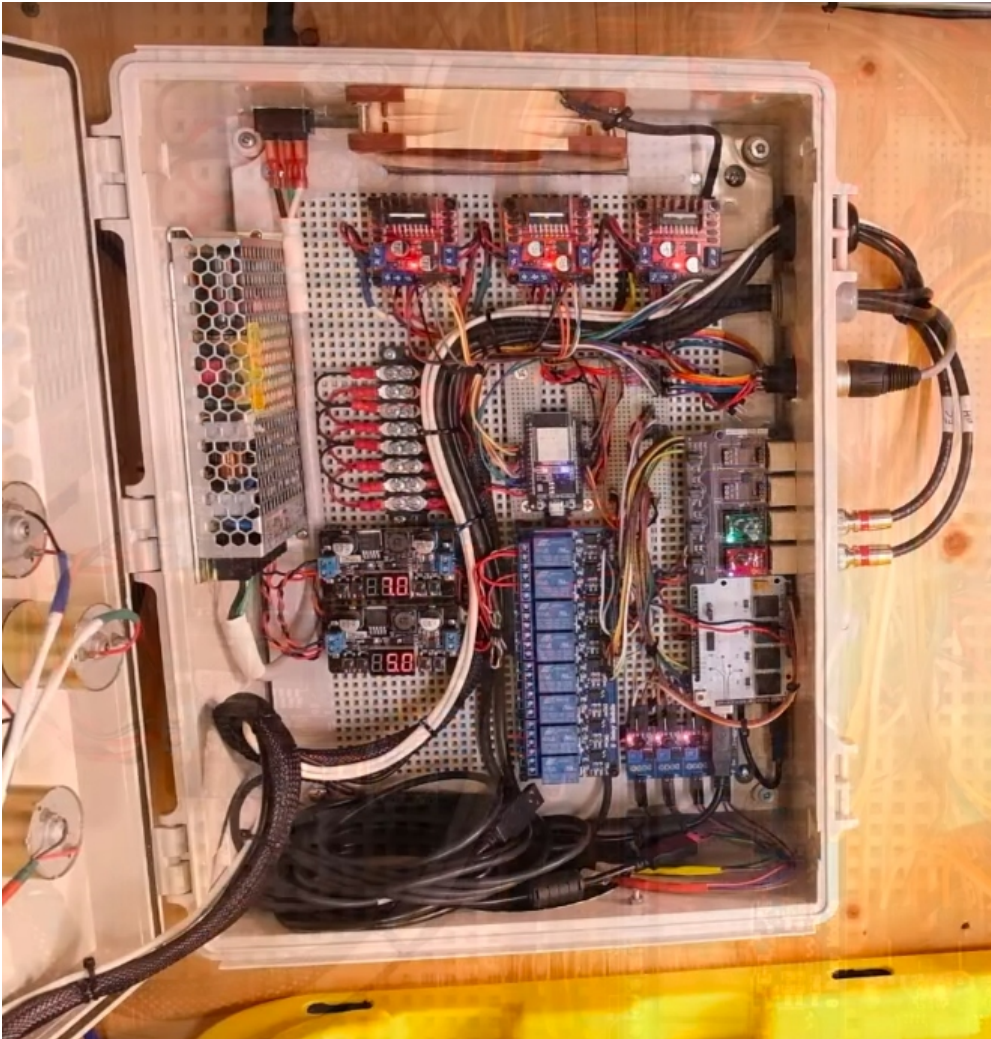
Voor die zelfbouwmodules met sensoren wordt er zowel in commerciële als het hobby domein vaak gebruik gemaakt van microcontrollers. Microcontrollers (MCU) zijn kleine apparaatjes/printplaatjes waar een stukje programmeercode op kan worden geladen vanaf een computer.



Afbeelding 29: Microcontrollers, in dit geval de Arduino Nano en rechts daarvan een ESP32

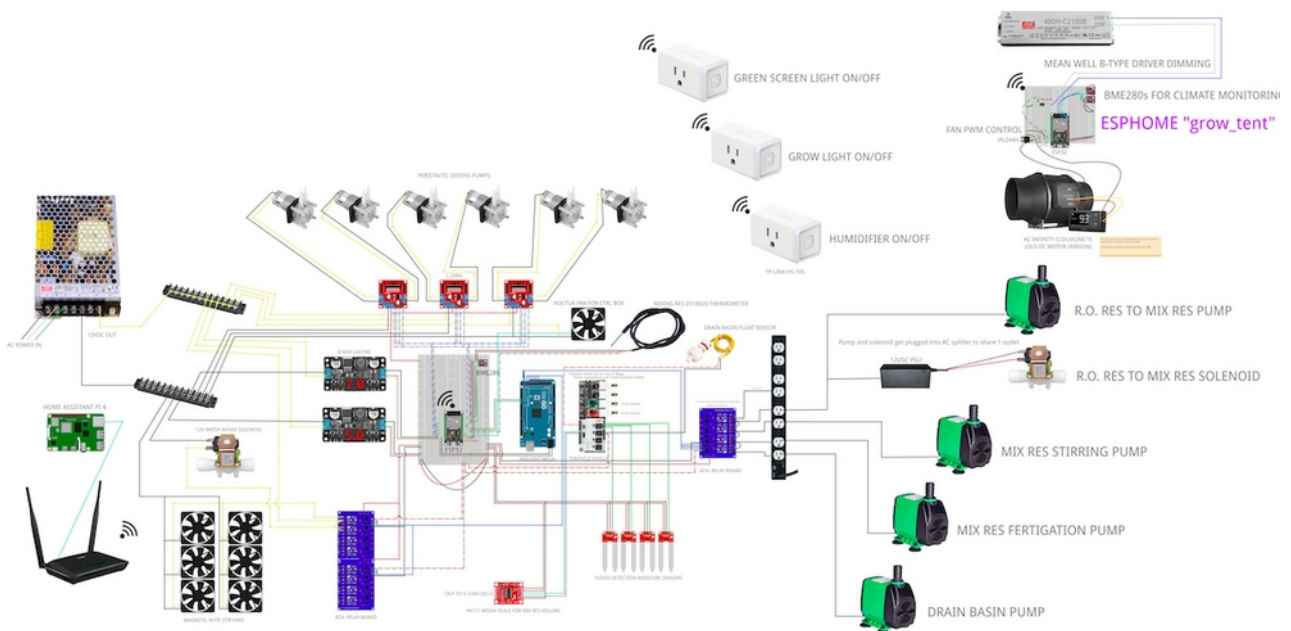
Een voorbeeld van iemand die zelfgebouwde modules toepast binnen automatisering op het gebied van het kweken van groentes zijn de toepassingen op het youtubekanaal¹⁶ van de LED Gardener, [Link](#). Afbeelding 30 toont een door hem gebouwde schakelkast.

In zijn situatie is hij zowel de hobbyist die zelf de elektronica ontwerpt als de kweker van groenten. Ontstaat er een defect aan de elektronica dan heeft hij zelf de kennis en kunde om het op te lossen. Dit is een andere situatie dan in Moestuin de Haar, waar die kennis niet aanwezig is, maar gelukkig is een zelfde werkzaamheid ook te bereiken met plug&play modules.



Afbeelding 30: Een afbeelding uit een video van youtuber LED Gardener, waarop zijn zelfgebouwde modules te zien is die de sensormetingen verwerkt en apparaten aan- en uitschakelt.

In het midden van Afbeelding 30 is een ESP32 microcontroller te zien. De ESP32 heeft allerlei IO pins die sensorwaardes ontvangen en relais aansturen om apparaten aan of uit te zetten.

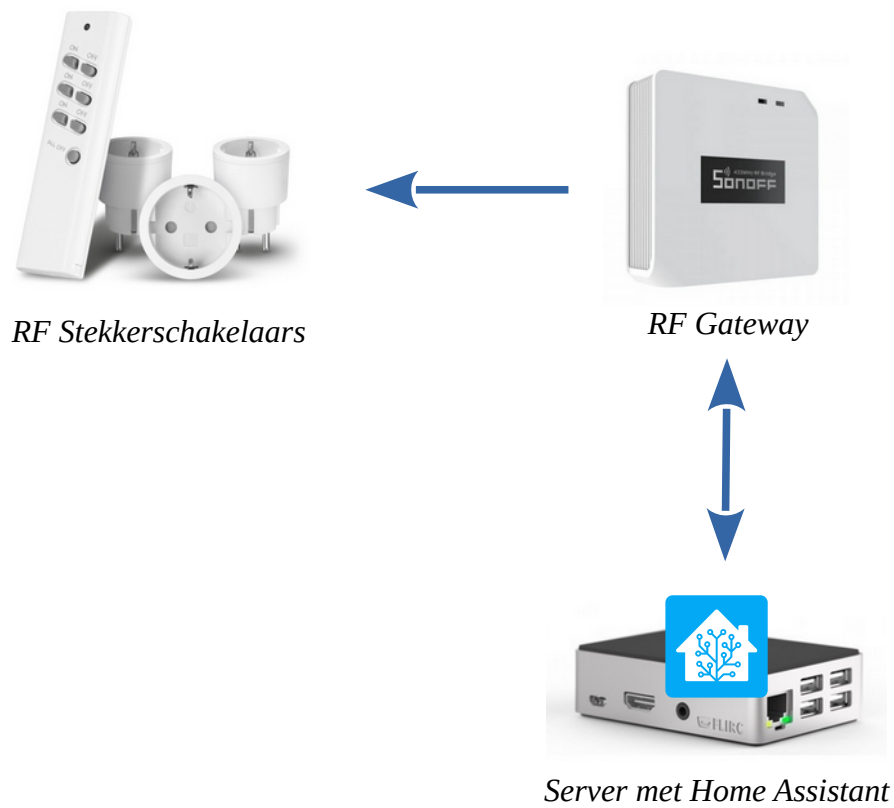


Afbeelding 31: Schematische afbeelding¹⁷ van de schakelkast ontworpen door LED Gardener zoals weergegeven in Afbeelding 30.

De LED Gardener gebruikt Home Assistant als centrale server en dashboard om zijn systeem te monitoren en besturen (Home Assistant wordt besproken in paragraaf 6.3.2). In zijn geval draait Home Assistant op de Raspberry PI minicomputer, zichtbaar in Afbeelding 31.

Zoals eerder genoemd kan een systeem met eenzelfde werking ook worden samengesteld met kant-en-klare modules.

Het stukje van het systeem van de LED gardener dat de pompen aanstuurt, zou bijvoorbeeld ook kunnen worden uitgevoerd met de apparaten in Afbeelding 32.



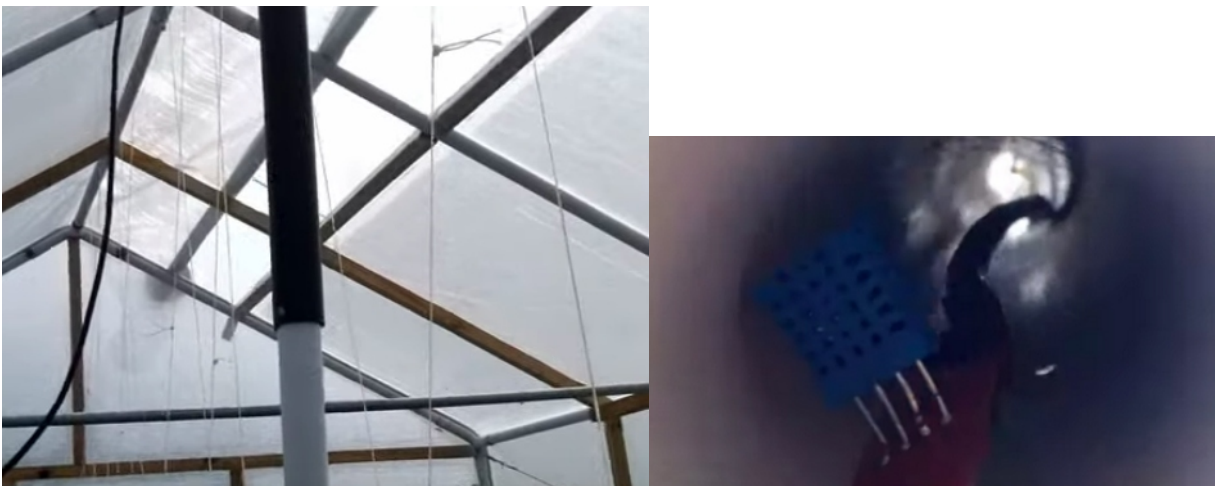
Afbeelding 32: Voorbeeld van alternatief voor een deel van het ontwerp van de LED Gardener, met gebruik van kant en klare producten als RF stekkers en een RF gateway.

Een andere video die aangetroffen werd op YouTube van een tuinder¹⁸ wiens kas is geautomatiseerd met behulp van zelf ontworpen modules is de volgende:



Link: [Arduino Greenhouse mrk 2](#)

Die video is wat ouder en daarom extra indrukwekkend om te zien wat deze tuinder heeft gemaakt. Er zitten wat interessante tips in om te kijken hoe deze tuinder bepaalde zaken heeft aangepakt. Zo heeft gebruikt hij een buis met een zwart omhulsel aan de bovenzijde en een witte onderkant. Omdat de zwarte kleur licht absorbeert wordt het bovenin de warmer en komt er een luchtstroom op gang, wat een meer representatieve meetwaarde oplevert.



Afbeelding 33: Witte buis met zwart omhulsel aan de bovenzijde. Aan de rechterkant de temperatuursensor aangebracht in de buis. Beelden uit video Instrumenttek.

11 Temperatuur meten en sturen

11.1 Achtergrond

Voor de groei van een plant is de temperatuur van de omgeving belangrijk. Afhankelijk van het soort plant, zijn er bepaalde uitersten die onder geen beding mogen worden bereikt, zoals diepe vorst of hele hoge temperaturen. En daarnaast zal er een optimale range van temperatuurwaarden zijn waarbinnen de temperatuur het beste kan blijven voor die plant.



						
T° MÍNIMA LETAL	0-2	(-1)	-	(-1)	0-1	0
T° MÍNIMA BIOLÓGICA	11	11	11	11	13-15	12
T° ÓPTIMA	13-16	13-18	17-22	18-18	18-21	17-20
T° MÁXIMA BIOLÓGICA	21-27	23-27	22-27	20-25	25-30	23-28
T° MÁXIMA LETAL	33-38	33-35	43-53	31-35	33-37	33-37

Afbeelding 34: Tabel met optimale temperaturen en grenswaardes voor verschillende groentes¹⁹

Er kan ook nog per groeifase van een plant een optimale temperatuur zijn.

11.2 Vaststellen van de temperatuur

Het kan voordelen bieden voor de tuinder om zowel de temperatuur van de buitenlucht te weten als die in kassen. In de volgende paragrafen wordt besproken op welke wijzen deze temperaturen zijn vast te stellen. Lopend van eenvoudige manieren tot wijzen van vaststelling die opgenomen kunnen worden in automatiseringen.

11.2.1 De buitentemperatuur

Het is nuttig om de buitentemperatuur vast te stellen, zodat een beeld kan worden verkregen van de temperatuurontwikkeling over een langere periode. Met deze gegevens kan de tuinder bijvoorbeeld terugkijken op het temperatuurverloop en deze als invloed meenemen als verklaring van de opbrengst en kwaliteit van een bepaald gewas.

Ook kunnen, als de buitentemperatuur en de temperatuur in kassen bekend zijn, deze met elkaar vergeleken worden. Hieruit kan bepaald worden of het zin heeft om (eventueel geautomatiseerd) te ventileren in de kas en welke temperatuur maximaal door ventileren in de kas is te bereiken. De

maximale temperatuur die te bereiken is in de kas door ventilatie is de temperatuur van de buitenlucht.

Het vaststellen van de buitentemperatuur kan op verschillende manieren. Van eenvoudig met een afleesbare thermometer (Afbeelding 35) tot een digitale sensor opgenomen, eventueel in een geavanceerde configuratie met een server.



Afbeelding 35: Traditionele thermometer

De digitale vorm kan zijn via een weerstation:



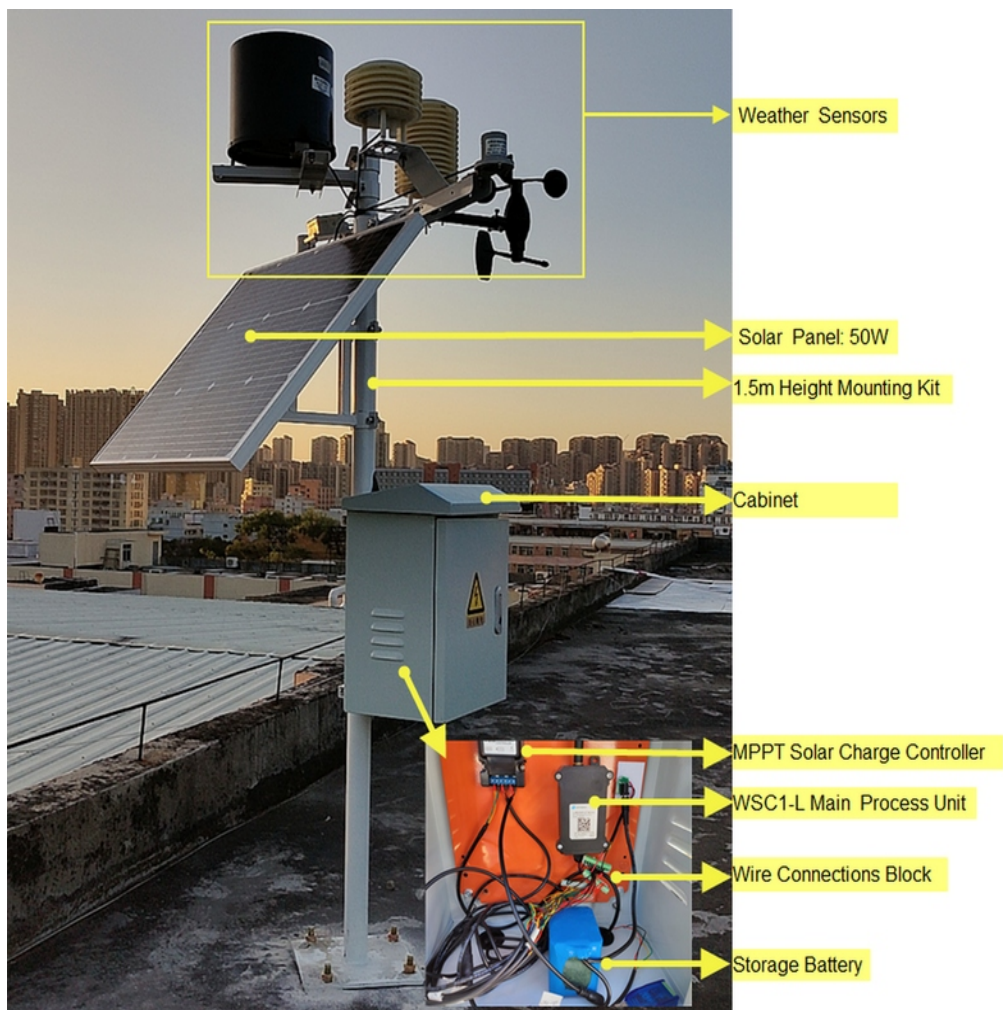
Afbeelding 36: Voorbeeld van een weerstation¹⁰

Of als er een meer geavanceerd systeem gewenst is, met een server (Hoofdstuk6), waarin de waardes gebruikt kunnen worden als basis voor automatiseringen, dan lijken LoRaWAN apparaten erg geschikt, zoals deze van Dragino:



Afbeelding 37: Dragino S31B-LB - LoRaWAN Temperature & Humidity Sensor¹¹

Of het LoRaWAN weerstation:



Afbeelding 38: Voorbeeld van een configuratie met de Dragino LoRa basismodule voor weerstations met diverse modules.

11.2.2 Vaststellen temperatuur in de kas

Voor het vaststellen van de temperatuur in de kas zijn gelijksoortige thermometers als voor de buitentemperatuur te gebruiken. Variërend van manueel (Afbeelding 35) tot een oplossing met meer mogelijkheden die opgenomen kan worden in een automatisering (Afbeelding 36)

11.2.3 Automatiseren van de temperatuurbeheersing in de kas

Bij het regelen van de temperatuur in de kas zal er ook een invloed zijn op de luchtvochtigheid en daarom lijkt het een goed idee om zowel de luchtvochtigheid als de temperatuur in beschouwing te nemen bij ventileren, om beide waarden zo optimaal mogelijk te laten worden. Het is daarom goed om hier te verwijzen naar paragraaf 12.2.2 Automatisch ventileren voor betere luchtvochtigheid, waar beide invloeden meegenomen worden. Ook wordt in die paragraaf het uitbreiden naar actieve ventilatie (met ventilators) besproken.

Hieronder zullen nog enkele methodes besproken worden als het slechts bij ventilatie op basis van temperatuurwaarden wordt gehouden.

De eenvoudigste manier van temperatuurbeheersing in de kas is zelf de ventilatie te regelen door deuren te openen dan wel te sluiten.

Een stap verder is om een thermostaatachtige oplossing te gebruiken, waarbij op basis van temperatuur er ventilatie geopend wordt.

Een makkelijk toe te passen methode die geen elektriciteit vereist is met automatische openers van kasramen, die werken met cylinders. De warmte in de kas warmt een vloeistof in een cylinder op. Er vindt uitzetting plaats en een mechanisme wordt in beweging gezet waardoor het raam geopend wordt bij zo'n 24 graden. De ramen sluiten zich bij 15 graden als de cylinder afkoelt waarbij krimping plaatsvindt. Zie afbeeldingen 39 en 40. Wel moet hierbij vermeld dat deze alleen de temperatuur stuurt, en dus niet de luchtvochtigheid.



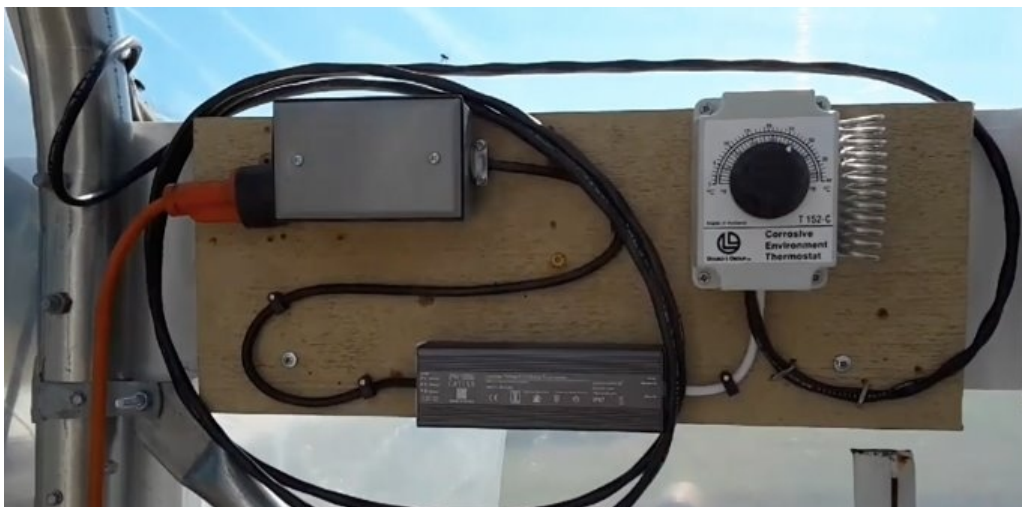
Afbeelding 39: Automatische kasroomopener met cylinder



Afbeelding 40: Rooster met automatische opening mbv cylinder

Nadeel van het gebruik van deze automatische raamopeners met cylinders, is dat ze niet erg fijnzinnig werken. Er zijn vaste grenswaardes waarop ze openen en sluiten, wat kan voorkomen dat er te hoge temperaturen in de kas ontstaan, maar voor regelen naar een optimale temperatuurwaarde zijn ze niet geschikt.

Een stap verder is het aansturen van rolmotoren of raamopeners met een thermostaat²⁰ als in Afbeelding 41. Dit is een standalone toepassing die eenvoudig van aard is. Tegelijkertijd is het meten van de temperatuur niet erg fijnzinnig, omdat er maar één meetpunt is waar meerdere meetpunten in de kas beter zouden zijn. Bediening op afstand en meer geavanceerd automatiseren zijn hier niet mogelijk. Verder wordt ook de luchtvochtigheid niet meegenomen.



Afbeelding 41: Thermostaat voor openen rolmotoren^{18,20,35}

De thermostaat kan de rolmotors schakelen die het zeil van de tunnelkas oprollen (Afbeelding 42 en Afbeelding 43) of een vorm van raamopening (Afbeelding 44).



Afbeelding 42: Close up van een rolmotor die het zeil van een tunnelkas kan oprollen



Afbeelding 43: Rolmotor voor een tunnelkas die gelijkwaardig is aan de kassen bij Moestuin de Haar



Afbeelding 44: Louvre raam in kas dat met elektrische bediening geopend en gesloten kan worden. Vorm van passieve ventilatie.

Weer een stap verder is het meten en sturen van de temperatuur met behulp van een configuratie met een server (Hoofdstuk 6) die de rolmotoren of een dergelijke louvre raam aanstuurt . Dan is er sprake van een gelijkwaardige instelling als in paragraaf 12.2.2 Automatisch ventileren voor betere luchtvochtigheid.

Voor die toepassing zal er iets van een vorm van schakelaar opgenomen moeten worden in het systeem.

Mogelijk is het bijvoorbeeld om de aansturing van de rolmotoren of andere raamopeners plaats te laten vinden in een schakelkast.



Of in een draadloze configuratie (WiFi, RF, LoRa) is het misschien ook mogelijk om gebruik te maken van slimme stekkers. Die kunnen er bijvoorbeeld zo uitzien:



Afbeelding 45: Slimme stekker die opgenomen kan worden in een schakeling met een server

Voordeel van een dergelijke stekker zou kunnen zijn dat deze bij een defect relatief makkelijk te vervangen is door de tuinder zelf.

12 Luchtvochtigheid meten en sturen

12.1 Achtergrond

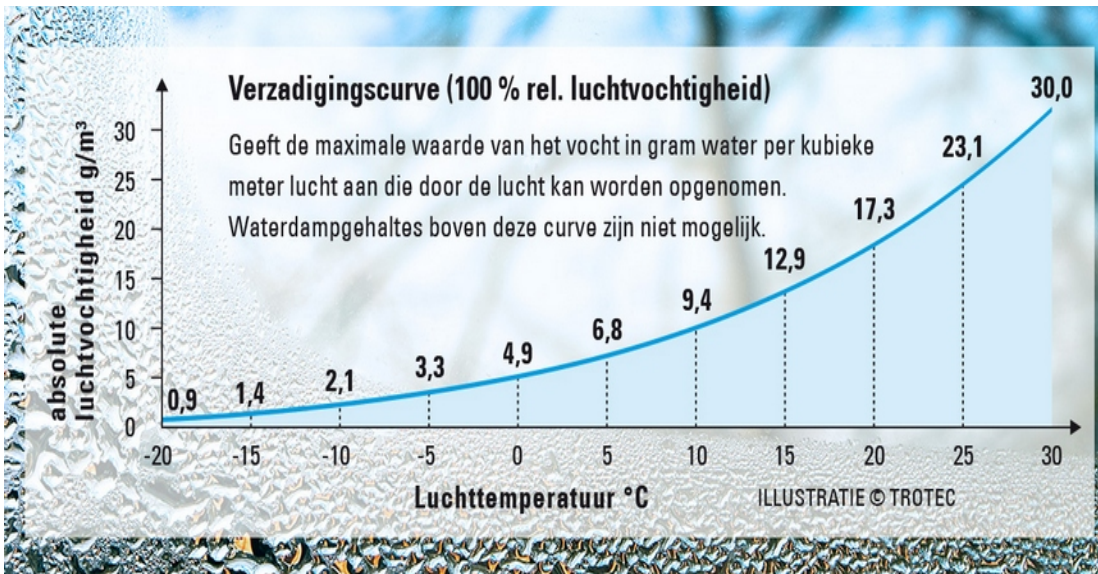
Luchtvochtigheid heeft een invloed op de groei van een plant. Bekend is dat bij te hoge luchtvochtigheid de groei van schimmels kan toenemen. Een te lage luchtvochtigheid is ook niet goed. Er is een optimale range van hoeveelheid luchtvochtigheid.

Role of Humidity

The main plant mechanism to cope with humidity is the adjustment of the leaf stomata. Stomata are pores in the underside of the leaf that open and close in response to vapour pressure deficit. When humidity levels drop to about 8 grams/m³ (12 mb VPD) the stomata apertures on most plants close to about 50% to help guard against wilting. This also reduces the exchange of CO₂, thereby negatively affecting photosynthesis.

Afbeelding 46: Korte beschrijving belang van luchtvochtigheid voor optimale fotosynthese. Screenshot uit PDF document "Understanding Humidity Control in Greenhouses" van de Canadese overheid

Lucht kan meer water opnemen naar gelang de temperatuur toeneemt. Dit is geïllustreerd in Afbeelding 47.



Afbeelding 47: Maximale hoeveelheid water in de lucht (g/m³) bij diverse temperaturen

12.1.1 Relatieve luchtvochtigheid

Een van de manieren om luchtvochtigheid uit te drukken is in het percentage relatieve luchtvochtigheid. Lucht kan een maximale hoeveelheid water bevatten, dan is de lucht verzadigd. De maximale hoeveelheid water die opgenomen kan worden in de lucht is afhankelijk van de temperatuur. Bij hogere temperatuur kan meer water worden opgenomen.

Relatieve luchtvochtigheid is het deel van de maximale hoeveelheid water die de lucht, bij de temperatuur die er op dat moment geldt, kan bevatten. Uitgedrukt in procenten.

In formule kun je dat als volgt schrijven:

$$\text{relatieve luchtvochtigheid} = \frac{\text{hoeveelheid water in de lucht}}{\text{max hoeveelheid water bij de actuele temperatuur}} * 100\%$$

Bij 100% relatieve luchtvochtigheid (verzadigd) kan de lucht geen water meer opnemen. Bij afkoeling van verzadigde lucht vindt condensatie plaats. Denk aan het condens op het gras in de ochtend. Tijdens de nacht is de temperatuur lager geworden en waar de lucht overdag nog een grote hoeveelheid water kan bevatten, is dat bij afgenomen temperatuur minder. Het water is gecondenseerd.

Ook in huis is het merkbaar. Bij een luchtvochtigheid van langere tijd boven de 60%, voelen spullen soms vochtig aan. Ook vormen zich dan schimmels vormen op de wanden als er sprake is langdurige hoge relatieve luchtvochtigheid.

Als de buitenlucht een hogere relatieve luchtvochtigheid dan binnen, kan ventilatie nog steeds zin hebben. De temperatuur speelt namelijk een rol. Brengt men in vergelijking tot binnen, koudere lucht met een hogere relatieve luchtvochtigheid naar binnen, kan het zijn dat binnen de relatieve luchtvochtigheid wel degelijk daalt.

Om te vergelijken is het daarom beter ook te kijken naar andere uitdrukkingen van luchtvochtigheid, zoals de absolute luchtvochtigheid, beschreven in paragraaf 12.1.2 of de streefwaarde van Vochtdeficit / VPD aan te houden, paragraaf 12.1.3.

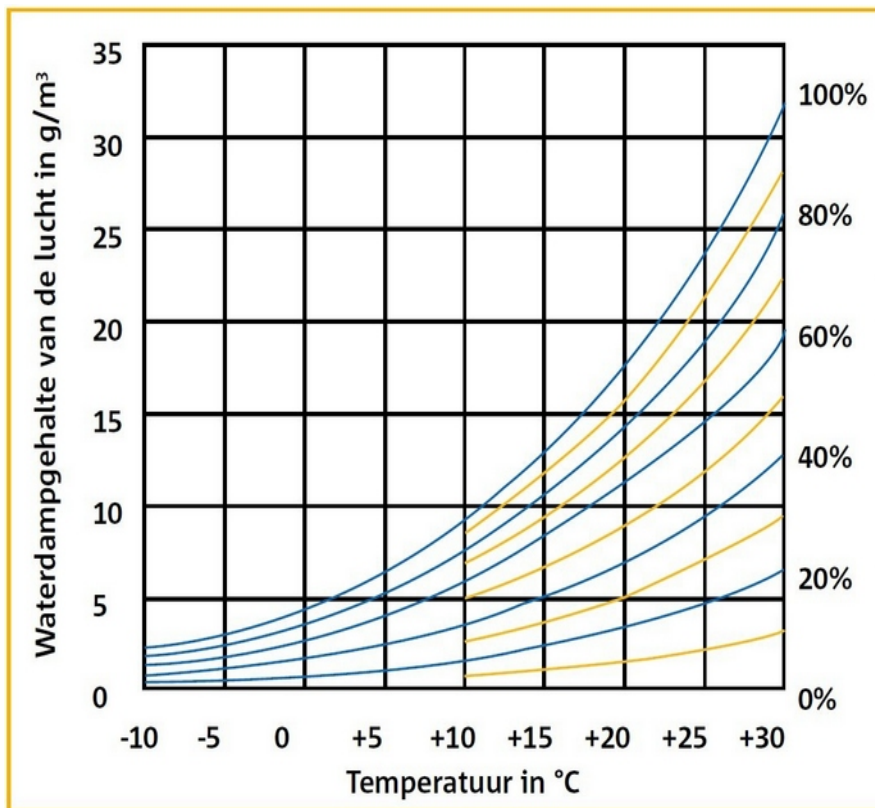
12.1.2 Absolute luchtvochtigheid

Luchtvochtigheid kan ook worden uitgedrukt in absolute luchtvochtigheid. Hierbij wordt de hoeveelheid water in de lucht uitgedrukt in gram water per kubieke meter lucht, g / m³.

Het kan voorkomen dat een ruimte afgesloten is en een bepaalde absolute luchtvochtigheid heeft, bijvoorbeeld een tuinkas met deuren dicht. Als de temperatuur van die ruimte stijgt, dan zal het percentage *relatieve luchtvochtigheid* dalen, maar de absolute luchtvochtigheid (g / m³) gelijk

blijven. En ook geldt omgekeerd, als de temperatuur daalt bij gelijke absolute luchtvochtigheid, zal de relatieve luchtvochtigheid stijgen.

Als de temperatuur in de kas daalt, bijvoorbeeld tijdens de nacht, kan de relatieve luchtvochtigheid hoger worden dan gewenst voor de aanwezige planten. Het kan dan wenselijk zijn om een vorm van ventilatie toe te passen. Het zou mogelijk zijn om dit te automatiseren.



Afbeelding 48: Absolute luchtvochtigheid in g / m³ bij verschillende percentages relatieve luchtvochtigheid

12.1.3 Vochtdeficit en Vapour Pressure Deficit als streefwaarde

Een andere manier van het uitdrukken van de luchtvochtigheid is in vocht deficit (humidity deficit). Op de website van kassenautomatiseerder Orisha, staat een artikel²¹ beschreven over het vochtdeficit, [link](#)

Het vochtdeficit is het aantal gram vocht per m³ lucht nog aan de lucht kan worden toegevoegd voordat deze verzadigd is.

Het voordeel van het gebruik van vochtdeficit als streefwaarde voor een plant voor de luchtvochtigheid in een kas, is dat deze waarde gelijk blijft bij veranderende temperatuur. Dit in tegenstelling tot de streefwaarde uitgedrukt in percentage relatieve luchtvochtigheid, dat zal veranderen naar gelang de temperatuur verandert. Bij gebruik van relatieve luchtvochtigheid is dus een tussenstap nodig, om te bepalen of de luchtvochtigheid binnen de gewenste range ligt. Bij

gebruik van vocht deficit is die extra stap niet nodig. Zie ook de screenshot uit [link](#) in Afbeelding 50.



Afbeelding 49: Op dit dashboard zijn diagrammen voor VPD waarden toegevoegd, met bijbehorende kleuren om aan te geven of er binnen de juiste range gebleven is. Dashboard is gemaakt met de software Home Assistant zoals gebruikt door youtuber LED Gardener⁸

Advantages of Managing the Humidity Deficit

When we use Relative Humidity, the optimal interval for the plants changes with the temperature. By using the Humidity Deficit, the interval stays the same without any regard for temperature variation. This can simplify greenhouse climate management.

Temperature	15°C	20°C	30°C
RH management	50-75%	60-80%	80-90%
DH management	3-7 g/m ³	3-7 g/m ³	3-7 g/m ³

The RH is not telling us the direct effect on the plant. 80% relative humidity is good for the plant at 20°C but too humid at 15°C. Because you need to factor in the temperature with the relative humidity reading makes evaluating optimal growing conditions harder.

Afbeelding 50: De voordelen van het gebruik van vochtdeficit (humidity deficit) als streefwaarde, screenshot uit blogbericht van Orisha over dit onderwerp (VPD).

Vapour pressure deficit

Een andere in kassen veelgebruikte uitdrukking van luchtvochtigheid is Vapour Pressure Deficit

In veel literatuur lijkt VPD gebruikt te worden, wat het handig maakt om de optimale waarden op te zoeken. VPD is een andere manier van uitdrukken van het vocht deficit. VPD wordt niet uitgedrukt in g / m³, maar in kPa, dus in druk. Er zijn veel bronnen^{22,23} op die schrijven over Vapour pressure deficit, bijvoorbeeld in [dit artikel](#) site van Drygair of in [een artikel](#) op Wikipedia. Binnen de vapour pressure deficit wordt soms ook de temperatuur van bladeren meegenomen.

Een YouTube video²⁴ waarin VPD wordt behandeld: [Link](#).

12.1.4 Optimale luchtvochtigheid voor planten

Er is een uitgebreide video²⁵ over het onderwerp luchtvochtigheid en planten in kassen te vinden op Youtube van het bedrijf Autogrow, [link](#).

Uit deze video van Autogrow komt onderstaande screenshot, Afbeelding 51. Hierin staat een tabel met VPD waarden bij temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Een gelijkwaardige tabel is te zien in Afbeelding 52. Voor de meeste planten geldt dat het wenselijk is om binnen het groene gebied in de tabel te blijven.



Are temperature and humidity exclusive?

- No, keep in mind, every temp adjustment will affect humidity and vice versa
- Vapor Pressure Deficit (VPD) – plants don't think as temperature & humidity, but as an algorithm of both

		Relative Humidity													
°C	°F	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%
15	59						4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5	9.4	10.2	11.1
16	60.8						4.6	5.5	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8
17	62.6						4.9	5.8	6.8	7.8	8.8	9.7	10.6	11.6	12.6
18	64.4					4.1	5.1	6.2	7.2	8.2	9.3	10.3	11.3	12.4	13.4
19	66.2						4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0	12.1	13.2
20	68						4.7	5.9	7.0	8.2	9.4	10.6	11.7	12.8	
21	69.8						4.9	6.2	7.4	8.6	9.9	11.1	12.4	13.7	
22	71.6						5.3	6.6	7.9	9.2	10.5	11.9	13.2		
23	73.4					4.2	5.6	7.0	8.5	9.9	11.3	12.7			
24	75.2					4.5	5.9	7.4	8.9	10.4	11.9	13.4			
25	77					4.8	6.4	8.0	9.5	11.1	12.7				
26	78.8					5.1	6.7	8.4	10.1	11.8	13.4				
27	80.6					5.3	7.1	8.9	10.7	12.4					
28	82.4					5.7	7.6	9.5	11.4	13.3					
29	84.2			4.0	6.0	8.0	10.0	12.0							
30	86			4.2	6.4	8.5	10.6	12.7							
31	87.8			4.5	6.7	9.0	11.2	13.4							
32	89.6			4.7	7.1	9.5	11.9								
33	91.4			5.0	7.5	10.0	12.5								
34	93.2			5.3	8.0	10.6	13.3								
35	95			5.6	8.4	11.2									

Afbeelding 51: Screenshot uit video van Autogrow met tabel optimale VPD per temperatuur

Temperature		Relative Humidity											
C	F	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%
15	59	1.7	2.6	3.4	4.3	5.1	6.0	6.8	7.7	8.5	9.4	10.2	11.1
16	61	1.8	2.7	3.6	4.5	5.5	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8
17	63	1.9	2.9	3.9	4.8	5.8	6.8	7.8	8.7	9.7	10.7	11.6	12.6
18	64	2.1	3.1	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.3	11.4	12.4	13.4
19	66	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0	12.1	13.2	14.3
20	68	2.3	3.5	4.7	5.8	7.0	8.2	9.4	10.5	11.7	12.9	14.0	15.2
21	70	2.5	3.7	5.0	6.2	7.5	8.7	10.0	11.2	12.4	13.7	14.9	16.2
22	72	2.6	4.0	5.3	6.6	7.9	9.3	10.6	11.9	13.2	14.5	15.9	17.2
23	73	2.8	4.2	5.6	7.0	8.4	9.8	11.2	12.6	14.1	15.5	16.9	18.3
24	75	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.4	11.9	13.4	14.9	16.4	17.9	19.4
25	77	3.2	4.8	6.3	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.8	17.4	19.0	20.6
26	79	3.4	5.0	6.7	8.4	10.1	11.8	13.5	15.1	16.8	18.5	20.2	21.9
27	81	3.6	5.4	7.1	8.9	10.7	12.5	14.3	16.1	17.8	19.6	21.4	23.2
28	82	3.8	5.7	7.6	9.5	11.3	13.2	15.1	17.0	18.9	20.8	22.7	24.6
29	84	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.1
30	86	4.2	6.4	8.5	10.6	12.7	14.9	17.0	19.1	21.2	23.4	25.5	27.6
31	88	4.5	6.7	9.0	11.2	13.5	15.7	18.0	20.2	22.5	24.7	27.0	29.2
32	90	4.8	7.1	9.5	11.9	14.3	16.7	19.0	21.4	23.8	26.2	28.6	30.9
33	91	5.0	7.6	10.1	12.6	15.1	17.6	20.1	22.7	25.2	27.7	30.2	32.7
34	93	5.3	8.0	10.6	13.3	16.0	18.6	21.3	24.0	26.6	29.3	31.9	34.6
35	95	5.6	8.4	11.3	14.1	16.9	19.7	22.5	25.3	28.1	31.0	33.8	36.6

Afbeelding 52: Tabel van VPD waardes in kPa bij verschillende temperaturen, de waardes met groene arcering vallen binnen de optimale range²⁶

Uit de tabel in Afbeelding 52 is te zien dat bij 17°C de optimale relatieve luchtvochtigheid tussen 45% en 60% ligt. Bij 29°C is de optimale relatieve luchtvochtigheid tussen 75% en 80%. De tuinder kan zich richten op de VPD tussen 7,5 kPa en 10,5 kPa, onafhankelijk van de temperatuur.

12.2 Het bereiken van de optimale luchtvochtigheid in de kas

Voor planten die in de buitenlucht groeien, kan de luchtvochtigheid wel gemeten worden en daar kan naar worden gehandeld. Maar met name in de kas is de luchtvochtigheid goed te beïnvloeden. In de volgende paragrafen zal worden besproken hoe de luchtvochtigheid in de kas kan worden gemonitord en bijgestuurd.

12.2.1 Luchtvochtigheid buitenlucht bepalen

Om te bepalen of er nut is om te gaan ventileren, is het nodig om te bepalen wat de luchtvochtigheid en temperatuur van de buitenlucht is. Om deze te vergelijken met de luchtvochtigheid in de kas. Dit kan met verschillende producten.

Een eenvoudige oplossing kan zijn om een buitensensor te plaatsen en deze af te lezen en op basis daarvan daar met de hand de ventilatie mee te regelen. Dat zou kunnen met producten als in Afbeelding 53 en Afbeelding 54.



Afbeelding 53: Temperatuur- en luchtvochtigheidssensor voor buiten

Het kan ook met een weerstation. Een weerstation biedt vaak meer waardes als temperatuur, windsnelheid en aantal mm gevallen regen. Dat kan dus een mooie alles-in-1 oplossing zijn.



Afbeelding 54: Voorbeeld van een weerstation

Naast deze handmatige manier, kan er ook een meer geavanceerde manier gekozen worden. Met een sensor die opgenomen is in een systeem waarbij het proces van luchtbeheersing geautomatiseerd

kan plaatsvinden. Denk dan bijvoorbeeld aan het automatisch openen van ramen en eventueel aanzetten van ventilatoren, naar gelang hoe de luchtvochtigheidswaardes in de kas in vergelijking tot buiten zijn.

Dit kan gerealiseerd worden in een systeem met sensoren die uitgelezen kunnen worden in een systeem met een centrale server (zie hoofdstuk 6). De server leest de sensoren uit en start en stopt acties om de luchtvochtigheid te beïnvloeden.

De producten met LoRa connectie (apart besproken in 7) lijken erg geschikt om in een dergelijk systeem toe te passen in de tuin. Deze werken draadloos op een lange afstand en hebben weinig energiegebruik.

Bijvoorbeeld de Dragino S31B-LB, te zien in Afbeelding 55, [link](#) naar website fabrikant.

Dat is een meetpunt met LoRa communicatie met batterijduur tot 5 jaar.

Te koop bij Antratek.nl voor €62,86 per stuk, [link](#).



*Afbeelding 55: Dragino S31B-LB -
LoRaWAN Temperature & Humidity Sensor*

Ook biedt Dragino een node waarop verschillende weerstation modules kunnen worden aangesloten. De basismodule lijkt niet in Nederland te koop te zijn, wel te zien op Aliexpress voor €80, [link](#).



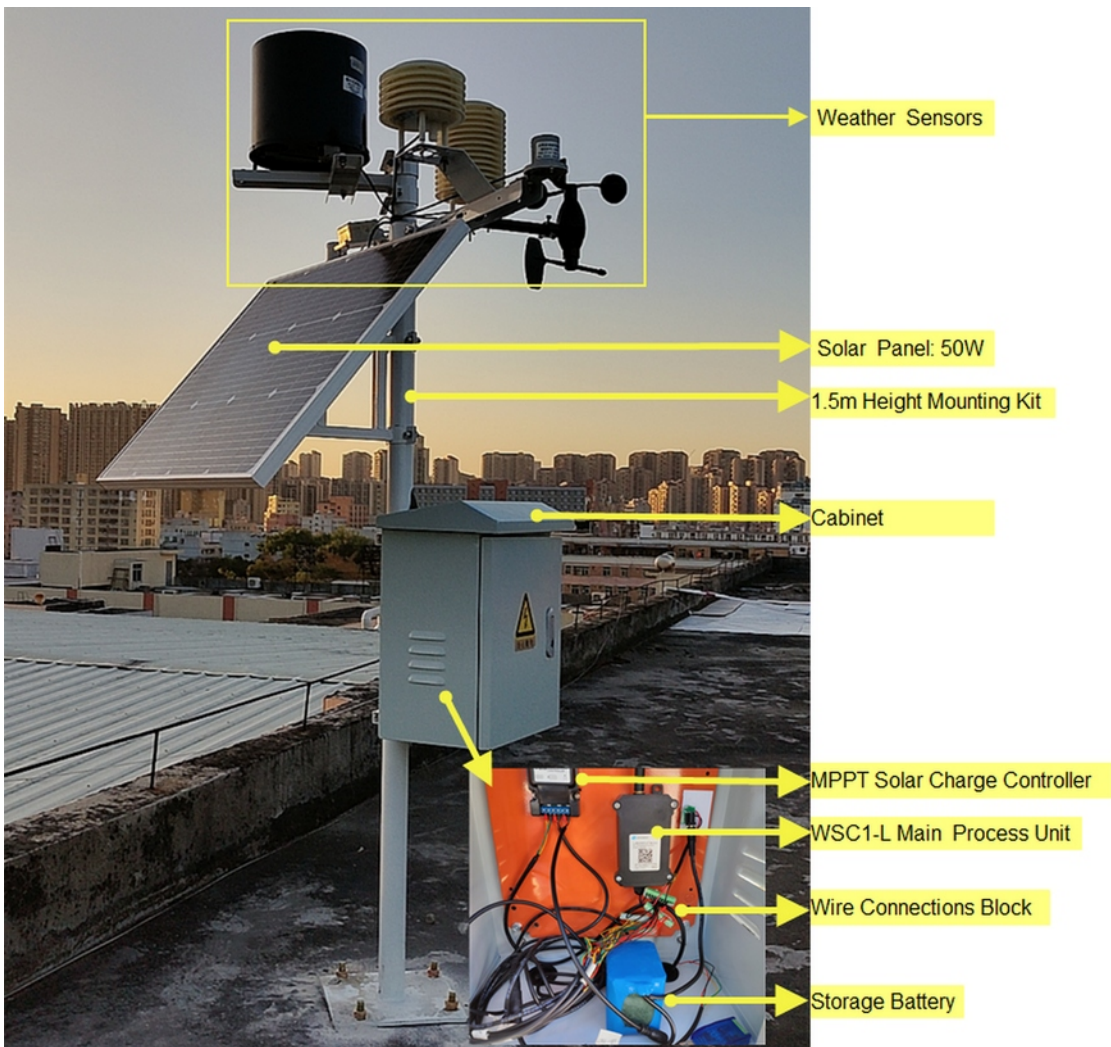
Afbeelding 56: Dragino WSC2-LB, de main process unit voor Dragino weerstation.

Hierop zijn diverse modules aan te sluiten om een weerstation te vormen.

Zo is er bijvoorbeeld de WSS-05 -- Temperature/Humidity/Illuminance/ Pressure module. Te zien in in Afbeelding 57. Deze heeft een overkapping waardoor de sensors beter afgeschermd zijn van regen en wind, wat een meer betrouwbare meting oplevert van de condities in de lucht. Naast temperatuur en luchtvochtigheid, biedt deze ook lichtsterkte en luchtdruk.



Afbeelding 57: Dragino WSS-05 -- Temperature/Humidity/Illuminance/ Pressure module.



Afbeelding 58: Voorbeeld van een configuratie met de Dragino LoRa basismodule voor weerstations met diverse modules.

12.2.2 Automatisch ventileren voor betere luchtvochtigheid

Als de luchtvochtigheid van de buitenlucht en de lucht in de kas bekend is, is het mogelijk daar acties op uit te voeren om de ideale luchtvochtigheid te bereiken voor de gewassen die op dat moment in de kas aanwezig zijn.

Om dit te bereiken kan er ventilatie worden gestart met de buitenlucht. Bij ventileren zal ook de temperatuur in de kas worden beïnvloedt, naar gelang de hoogte van de buitentemperatuur. Verder is

er sprake van afhankelijkheid van de hoogte van luchtvochtigheid buiten, of het mogelijk is dat de ideale range van luchtvochtigheid bereikt kan worden door middel van ventilatie. Het is dus een samenspel zowel de buitentemperatuur als de luchtvochtigheid buiten als het gaat om het proberen te bereiken van de gewenste temperatuur en luchtvochtigheid in de kas.

Buiten ventilatie zijn andere routes van beïnvloeden van de luchtvochtigheid ook het gebruik van elektrische luchtontvochtigers of juist luchtbevochtigers. Dat zijn andere oplossingen die naast ventilatie mogelijk zijn die kunnen worden overwogen als in de praktijk blijkt dat veelvuldig de optimale condities niet bereikt kunnen worden. Er kunnen situaties zijn waarbij het beter is om een ontvochtiger te gebruiken in plaats van ventilatie.

12.2.2.1 Passieve en actieve ventilatie

Er is onderscheid te maken tussen passieve en actieve ventilatie. Passief is het de natuurlijke luchtstroom die ontstaat bij het openen van een deur of raam. Actieve ventilatie is ventilatie waarbij een apparaat wordt gebruikt om de luchtstroming te verhogen.

Het openen van shutters of het oprollen van zeil van een tunnelkas zijn vormen van passieve ventilatie.

Dit is elektrisch uit te voeren met toepassingen zichtbaar in Afbeelding 59, 60 en 61. Eventueel zijn deze elektrische toepassingen op te nemen in een automatiseringssysteem op basis van temperatuur en luchtvochtigheid.



Afbeelding 59: Louvre raam in kas dat met elektrische bediening geopend en gesloten kan worden. Vorm van passieve ventilatie.

In Afbeelding 59 is een ‘Louvre raam’ met motortje dat de shutters automatisch opent en sluit. Deze past beter in een situatie waarin ook de luchtvochtigheid beheerst kan worden.

Een andere mogelijkheid voor passieve ventilatie is het oprollen van zeilen van de tunnelkassen. Momenteel zijn de kassen ook uitgerust met een mechanisme om de zeilen de hand te kunnen oprollen. Gebruik van rolmotors als deze kunnen dus ook meteen het handmatig oprollen uit handen nemen.



Afbeelding 60: Close up van een rolmotor die het zeil van een tunnelkas kan oprollen



Afbeelding 61: Rolmotor voor een tunnelkas die gelijkwaardig is aan de kassen bij Moestuin de Haar

Door ventilatoren te gebruiken kan de passieve ventilatie, veroorzaakt door het openen van shutters of oprollen van tunnelzeil, uitgebreid worden tot actieve ventilatie.

De volgende afbeeldingen tonen vormen van actieve ventilatie:



Afbeelding 62: Louvre shutters met ingebouwde ventilator

De ingebouwde ventilator in afbeelding Afbeelding 62 zorgt voor een grotere luchtstroom.



Afbeelding 63: Ventilator in kas

Circulatie

De ventilatoren als in Afbeelding 63 kunnen naast ventilatie ook zorgen voor circulatie van lucht in de kassen. Dit kan betere groeiomstandigheden opleveren omdat dit voorkomt dat er geen lokale verschillen in de lucht rondom de planten kunnen optreden. De concentratie van CO₂, nodig voor fotosynthese, kan dan verbeteren rondom de bladeren. Mogelijk helpt meer circulatie ook te voorkomen van te warm worden van de planten.

Veel van de informatie in deze paragraaf komt uit een blog²⁷ van de University of Vermont. In dat blogartikel, [link](#), staan ook gewenste luchtverplaatsingswaarden vermeld en hoe deze zijn te berekenen en welke eventuele ventilatorgrootte daar dan bij nodig is.

Automatisch schakelen ventilatie actuatoren

Voor het bedienen van de shutters, rolmotoren en ventilatoren zal er iets van een vorm van schakelaren opgenomen moeten worden in het systeem.

Mogelijk is het om de aansturing van de rolmotoren of andere raamopeners plaats te laten vinden in een schakelkast.



Of in een draadloze configuratie (WiFi, RF, LoRa) is het misschien ook mogelijk om gebruik te maken van slimme stekkers. Die kunnen er bijvoorbeeld zo uitzien:



Afbeelding 64: Slimme stekker die opgenomen kan worden in een schakeling met een server

Voordeel van een dergelijke stekker zou kunnen zijn dat deze bij een defect relatief makkelijk te vervangen is door de tuinder zelf.

12.2.3 Ventilatie automatisch regelen

Zoals eerder beschreven is er bij de ventilatie van de kassen sprake van een samenspel tussen buitentemperatuur, luchtvochtigheid van de buitenlucht en luchtvochtigheid van de lucht in de kas.

Het zal soms best moeilijk zijn om de optimale luchtvochtigheid te behouden, en tevens de temperatuur binnen de gewenste waarden te houden. Simpelweg iedere keer een raam openen als de luchtvochtigheid in de kas te hoog of te laag is, lijkt geen goed idee. Want bij iedere keer ventileren,

zal er ook koude lucht de kas binnen komen en dat kan ten koste gaan van het behoud van de gewenste temperatuur. Tevens is maar de vraag of ventileren zin heeft, als er buiten sprake is van een hoge luchtvochtigheid.

Dat geldt ook weer bij het sturen van de temperatuur. Ventileren voor het verlagen van de temperatuur kan voor een hogere luchtvochtigheid, hoger dan die wellicht gewenst is.

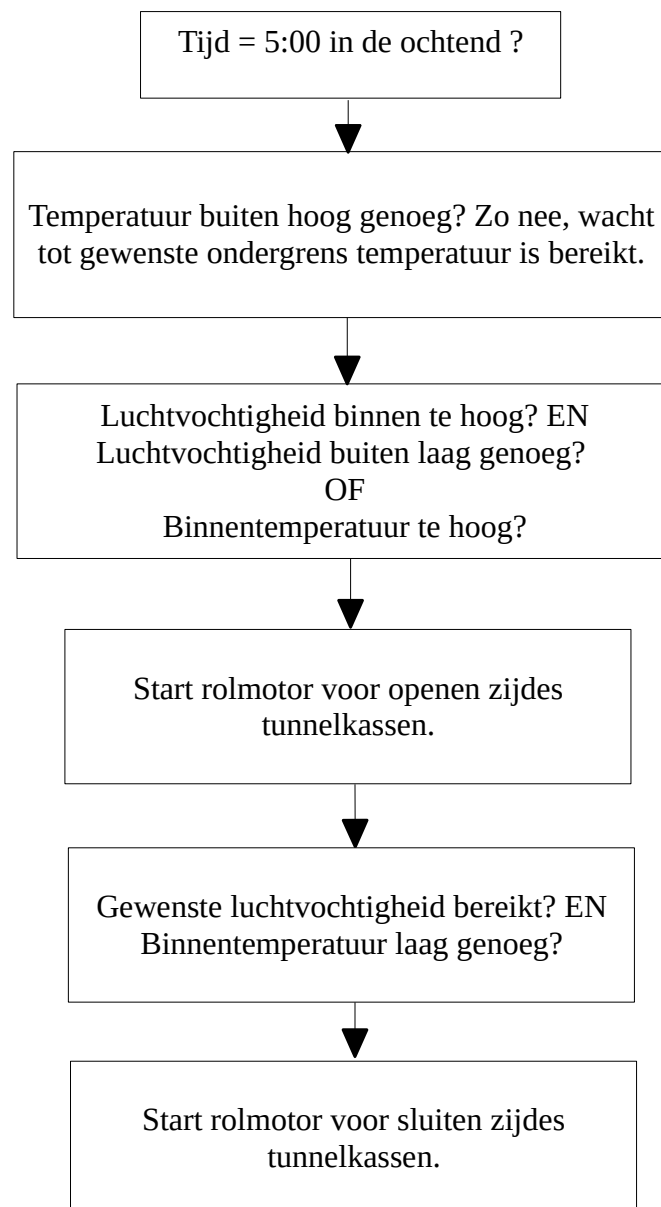
Het gaat te ver om dit verslag een perfect werkende configuratie voor te stellen voor hoe het dan aan te pakken, maar tijdens de oriëntatie kwamen er een aantal bronnen langs waarin gesproken werd over het volgen van bepaalde ventilatiecycli. Dat betekent dat je dagelijks een bepaalde cyclus doorloopt om zo binnen de gewenste range van temperatuur- en luchtvochtigheidswaardes te blijven.

Zo lijkt het handig om gebruik te maken van de vroege ochtend voor het ventileren. In de ochtend is de buitentemperatuur op z'n laagst en daarmee ook vaak de absolute luchtvochtigheid op een laag punt, omdat afkoelende lucht condenseert gedurende de nacht en dus afneemt in vochtgehalte (absoluut gezien). Blijkt uit de meetwaardes dat het goed zou zijn om de luchtvochtigheid omlaag te brengen, dan kan 's ochtends ventilatie gestart worden. Voordeel is dat er dan droge lucht kan worden ingebracht in de kas. Vervolgens kan de kas weer gesloten worden en zal gedurende de dag de temperatuur stijgen ten gevolge van het zonlicht dat de kas binnenvalt.

Bij het instellen van een automatisering is er doorgaans sprake van één of meerdere triggers, voorwaarden en acties op basis waarvan de automatisering wordt voltrokken. Het is mogelijk zo'n automatisering schematisch weer te geven.

De trigger kan zijn 5:00 's ochtends. Een voorwaarde de hoogte van de buitentemperatuur. En dat het als het voor de luchtvochtigheid geen zin heeft, ook de ventilatie uit te stellen.

In schematische vorm ziet dat, ziet dat er dan zo uit:



Dit is slechts een schets om een beeld te geven. Er zal meer aandacht aan moeten worden geschonken om tot een goede automatisering te komen voor de ventilatie ten behoeve van zowel een optimale temperatuur en luchtvochtigheid.

13 Irrigatie

Het is mogelijk om de irrigatie te automatiseren. De hierna volgende componenten zouden onderdeel kunnen uitmaken van een geautomatiseerd irrigatiesysteem.

Met elektrische kleppen kan een watertoevoer geopend of gesloten worden:



Afbeelding 65: Elektrische klep die opgenomen kan worden in een geautomatiseerde schakeling²⁸

Met een verdeler en kleppen kunnen dan meerdere irrigatiezones worden bediend, zoals deze:



Afbeelding 66: Verdeler met elektrische kleppen voor beregening

Met flowmeters, die meten hoeveel volume water er per minuut doorstroomt, kan worden nagegaan hoeveel water er is gespreid en tevens kunnen ze werken als een controlemechanisme om op afstand te bepalen of er wel echt waterstroom is.



Afbeelding 67: Dragino LoRaWAN Outdoor Flow Sensor²⁹

Een toepassing met telescopische sproeiers, die uit zichzelf omhoog komen bij waterdruk, kunnen ook van pas komen in een dergelijk systeem.



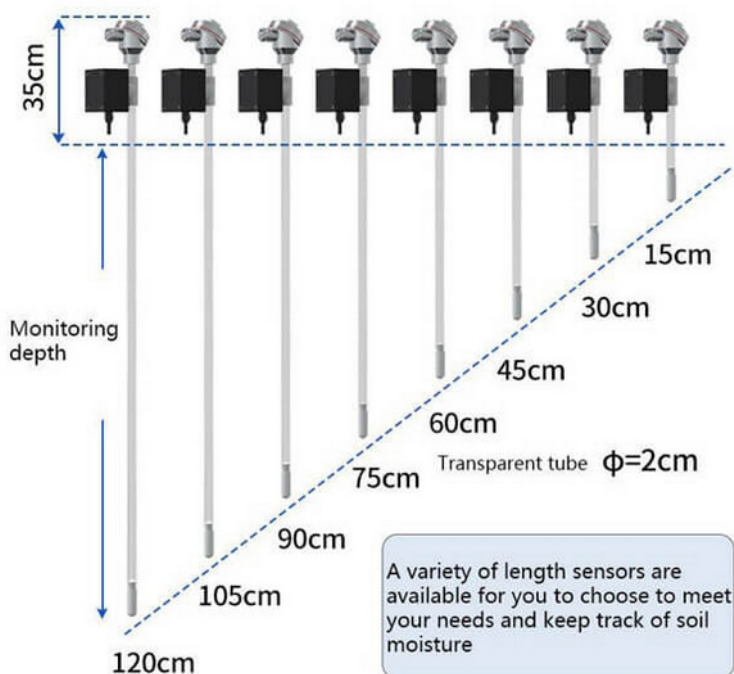
Afbeelding 68: Deze telescopische sprinklers komen omhoog als er waterdruk op komt^{30,31}

Ook is er de mogelijkheid om de bodemvochtigheid te meten en hierop te sturen. Er zijn diverse vormen van bodemvochtigheidssensoren, waaronder deze:



Afbeelding 69: Tensiometer van Renke met connectiviteitsmogelijkheden (RS485 modbus)³²

De tensiometers zijn beschikbaar in verschillende lengtes om op verschillende dieptes in de aarde te meten, zoals geïllustreerd in Afbeelding 70:



Afbeelding 70: Tensiometers komen in verschillende groottes³²

Een andere vorm van een bodemvochtigheidssensor is:



Afbeelding 71: Bodemvochtigheidssensor met stalen voelers

Het gebruik van bodemvochtigheidsmeters roept wel vragen op. De metingen zijn altijd een lokaal meetpunt, een vraag is of het wel representatief is voor het hele veld waarin de sensor is geplaatst. Tevens kan men er ook niet van uit gaan dat bewatering zich gelijk verspreid over een veld, waardoor sturing op basis van vochtigheidsmeters wellicht een vertekend beeld geeft.

Tegelijkertijd spreid water zich wel uit, wat het aannemelijker maakt dat de meting representatief is. Ook kunnen er meerdere sensoren in een veld geplaatst worden voor een hogere betrouwbaarheid van de meting. Verder informatie opzoeken over bodemvochtigheidssensoren in combinatie met irrigatie kan uitsluitsel geven over de praktijk van het werken met bewatering gestuurd door vochtigheidsmeters.

Tijdens de oriëntatie werd een webpagina van de Australische overheid³³ aangetroffen met een keuzegids voor bodemvochtigheidssensoren, [Link](#). Daar is verder te lezen over bodemvochtigheidssensoren.

14 Andere mogelijkheden voor meten en/of sturen

Naast de eerder genoemde mogelijkheden in dit verslag op het gebied van automatisering, zijn in dit hoofdstuk nog andere mogelijkheden kort vermeld. Om dit verslag compact te houden zijn deze vormen van automatisering kort aangestipt en niet verder uitgewerkt.

14.1 Camera's voor beveiliging en monitoring

Er zijn toepassingen denkbaar waarin camera's nuttig kunnen zijn om op afstand via internetbrowser of app op de telefoon bepaalde zaken in de tuin te bekijken. Soms is het namelijk handiger om via een beeld te kunnen waarnemen, dan met behulp van een sensor.

Denk bijvoorbeeld aan kunnen zien of een deur van een kas is geopend of gesloten, of de beregening uitgevoerd wordt of als een overstromingssensor aangeeft dat er waterlekkage is.

Daarnaast kunnen camera's helpen bij beveiliging. De tuin is afgelegen en er zijn momenten zonder toezicht. Wel komt het vraagstuk van privacy om de hoek. Niet iedereen voelt zich wellicht prettig in aanwezigheid van camera's.

Bij gebruik van camera's met connectie op afstand is wel een internetconnectie nodig met een hoge bandbreedte, zoals kabel van Ziggo. Dat is wel duurder dan de genoemde optie van een mobiel internet abonnement in paragraaf 3.2 Internetaansluiting.

In het dashboard van Home Assistant (paragraaf 6.3.2) zijn gemakkelijk camera's op te nemen.

14.2 Alarmsysteem tegen inbraak

Binnen een automatiseringssysteem kan een alarmsysteem tegen diefstal worden opgenomen. Home Assistant (paragraaf 6.3.2) biedt hier ingebouwde mogelijkheden toe.

14.3 CO₂ meten en doseren

Fotosynthese



Afbeelding 72: De reactievergelijking voor fotosynthese

Voor een plant is CO_2 een voedingsstof, nodig voor de fotosynthese. Het CO_2 gehalte in de buitenlucht is ongeveer 400 parts per million (ppm).

Elke plant heeft een optimale hoeveelheid CO_2 voor optimale groei. In een kas kan het CO_2 gehalte worden gemeten en zelfs bijgestuurd met CO_2 doseren. Dit valt wel onder meer geavanceerde automatisering.


Een voorbeeld van een CO_2 sensor:



Afbeelding 73: ZyAura ZGm053U CO_2 en temperatuur sensor.

Op het YouTube kanaal van Autogrow staat een video met meer informatie over CO_2 meten en sturen ten behoeve van plantgroei:

CO2



Why is CO2 important?

- CO2 is required for photosynthesis to occur
- CO2 increases sugar uptake
- Earlier flowering, higher yields, improved stem strength
- CO2 is not necessary at night

1000ppm = 30% increase in yield for most crops

Which growers usually benefit?

- Flowering plants
- Fruiting plants

13:41 / 41:50

Link: [Advanced Greenhouse Systems](#)

14.4 Automatisch een doek over de kas spannen bij te veel warmte

Het lijkt denkbaar dat op erg warme dagen het nuttig kan zijn om (gemotoriseerd en geautomatiseerd) een doek over de kas te spannen, omdat ventilatie dan niet leidt tot verbetering van de condities in de kas.

Onderstaande video's bieden wellicht inspiratie voor dergelijke toepassingen.



Link: [Trinog greenhouse Inside shading screen system](#)



Link: [How to Make a Slide-On Wire Hung Canopy \(Pergola Canopy\)](#)

14.5 Licht optimaliseren in de kassen met LED lampen

Licht speelt een belangrijke rol in fotosynthese. Het licht in de kassen wordt doorgelaten door door het plastic van het zeil. Hiermee is het wel zwakker dan licht buiten, tevens is er sprake van kortere dagen in voorjaar en najaar. Met LED lampen kan dit geoptimaliseerd worden.



Link: [Best Grow Room Conditions For Maximum Yield - Light \(PAR\), Temperature and Air \(CO2\)](#)



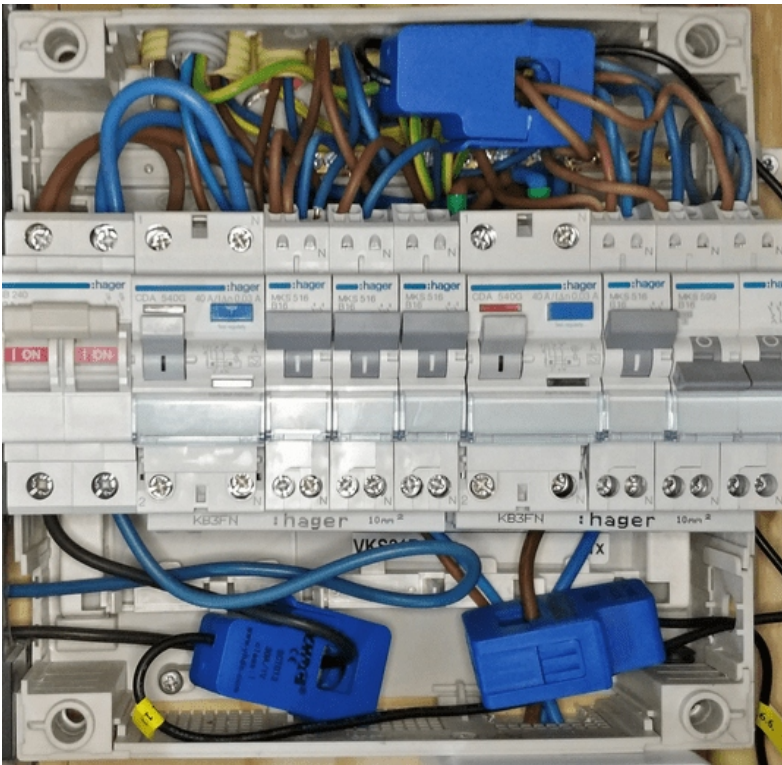
I WISH I'd CHECKED This Earlier - Greenhouse LIGHT levels!

Link: [I WISH I'd CHECKED This Earlier - Greenhouse LIGHT levels!](#)

14.6 Meten van het elektriciteit gebruik

Het kan nuttig zijn om het stroomverbruik inzichtelijk te maken, per dag, per uur en/of per apparaat. Dit kan bijvoorbeeld met CT klemmen (aan te leggen door een professional), die de kilowatturen meten door de omklemde draad.

De CT klemmen zijn zichtbaar in onderstaande afbeelding:



Afbeelding 74: CT klemmen in een groepenkast³⁴

Referenties

1. Johan Fit. My home multi zone smart heating configuration with the use of Home Assistant. <https://johanf85.github.io/home-assistant-heating-configuration/description.html>
2. pmsinstrument.com. PMS – Meaning and Importance. <https://www.pmsinstrument.com/resources/pms-meaning-and-importance/>
3. Days Well Spent. Adding Electricity To A Permanent Greenhouse. <https://youtu.be/n8eoEnT2kQM>
4. GreatScott! Automating a Greenhouse with LoRa! (Part 1) || Sensors (Temperature, Humidity, Soil Moisture). <https://www.youtube.com/watch?v=2YJHcGQnpAk>
5. Magda Havas and M. Sheena Symington. Effects of Wi-Fi Radiation on Germination and Growth of Broccoli, Pea, Red Clover and Garden Cress Seedlings: A Partial Replication Study.
6. Huake Guangtong. Energy Saving Smart Greenhouse Solution. <http://www.hkgt.com.cn/content/smartConnect/Eng-smartFarming.html>
7. Orisha. Orisha presentation by Sarah. <https://youtu.be/6-fN1aTi0S8>
8. LED Gardener. Update on My Automated Garden System. <https://youtu.be/SMWJXIhill8>
9. Reddit. Got my greenhouse setup nicely now! Auto fan and mist and lots of data. https://www.reddit.com/r/homeassistant/comments/kuaqb5/got_my_greenhouse_setup_nicely_now_auto_fan_and/
10. Mariusz Jacyno. Automated and energy self-sustaining hydroponic greenhouse. <https://www.youtube.com/watch?v=SwSLz0ze7t4>
11. Reddit. Smart Ikea greenhouse. Esp32 monitoring humidity and temp and controlling the mist. Smart grow light as well. What would you add to this? https://www.reddit.com/r/smarthome/comments/11oo3mk/smart_ikea_greenhouse_esp32_monitoring_humidity/
12. LED Gardener. Update on My Automated Garden System (Plus System Diagram, Parts List, & All Code Now Shared!). <https://youtu.be/SMWJXIhill8>
13. Dragino. LG01v2 LoRa Gateway. <https://www.dragino.com/products/lora-lorawan-gateway/item/244-lg01v2.html>
14. Science in Hydroponics. The best cheap sensor setup for relative humidity in hydroponic automation projects. <https://scienceinhydroponics.com/2020/04/the-best-cheap-sensor-setup-for-relative-humidity-in-hydroponic-automation-projects.html>
15. Science in Hydroponics. Calibration. <https://scienceinhydroponics.com/?s=calibration>
16. LED Gardener. YouTube kanaal LED Gardener. <https://www.youtube.com/@LEDGardener>
17. Github LED Gardener. <https://github.com/ledgardener/gardenAutomation>
18. instrumenttek. Arduino Greenhouse mrk 2. <https://youtu.be/qmSyfodR7E8>
19. Nutricontrol.com. The importance of temperature for greenhouse cultivation. <https://nutricontrol.com/en/the-importance-of-temperature-for-greenhouse-cultivation/>
20. Farmer Keith (youtube). Automatic Greenhouse Side Curtains. <https://youtu.be/amlPu04qIao>
21. Orisha. What is the Humidity Deficit? Published February 21, 2022. <https://www.products.orisha.io/post/what-is-humidity-deficit>
22. Wikipedia. Vapour-pressure deficit. https://en.wikipedia.org/wiki/Vapour-pressure_deficit
23. Drygair. What Is VPD (Vapor Pressure Deficit)? <https://drygair.com/blog/vpd-vapor-pressure-deficit/>

24. Everest Fernandez. Humidity 102: Vapor Pressure Deficit — VPD Chart. <https://www.youtube.com/watch?v=k5bb3lazzp6A>
25. Autogrow. Controlling Temperature and Humidity in Greenhouses. <https://youtu.be/qP49-hVdL18>
26. Global Garden. How to Increase Yield when Growing Indoors. <https://www.globalgarden.co/knowledge/how-to-increase-yield-when-growing-indoors/>
27. Chris Callahan. Ventilation in Greenhouses and High Tunnels. Published online August 14, 2019. <https://blog.uvm.edu/cwcallah/2019/08/14/ventilation-in-greenhouses-and-high-tunnels/>
28. Raintechshop.nl. Rainbird 100-HV 24Vac magneetklep 1" binnendraad. <https://www.raintechshop.nl/magneetklep-rainbird-100-hv.html>
29. Dragino. Dragino LoRaWAN Outdoor Flow Sensor. <https://www.dragino.com/products/water-meter-flow-sensor/item/222-sw3l.html>
30. HitProductsCorp. RainPro 900 T Series Telescopic Sprinkler. <https://youtu.be/wppupzKqreQ>
31. HitProductsCorp. 900T Series Telescopic Pop-Up. <https://hitproductscorp.com/sprinklers/900t-series-telescopic-pop-up/>
32. Renke. Soil Tensiometer. <https://www.renkeer.com/product/soil-tensiometer/>
33. Department of Primary Industries and Regional Development's Agriculture and Food division. Soil moisture monitoring: a selection guide. <https://www.agric.wa.gov.au/horticulture/soil-moisture-monitoring-selection-guide>
34. Tweakers forum. Groepen in meterkast "slim" maken / fine-grained kwh meten. https://gathering.tweakers.net/forum/list_messages/2160752
35. Ministry of Agriculture, British Columbia. Understanding Humidity Control in Greenhouses. Published online September 2015. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/animal-and-crops/crop-production/understanding_humidity_control.pdf