

Steuerungstechnik und Datenmanagement für ClimGrass

Andreas SCHAUMBERGER^{1*} und Jakob SCHAUMBERGER

Einleitung

In den Experimenten der Versuchsanlage ClimGrass werden die Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen auf die Grünlandwirtschaft untersucht, insbesondere der Effekt einer künftigen Temperaturerhöhung, Trockenheit sowie die Zunahme der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre stehen im Mittelpunkt des Interesses. Eine Vielzahl an Sensoren, Beobachtungen und Messungen liefern permanent Informationen über den Zustand von insgesamt 54 Dauergrünlandparzellen, welche unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Im Gegensatz zu Experimenten unter nahezu vollständig kontrollierbaren Laborbedingungen ist die Beeinflussung von Klimabedingungen am Versuchsfeld und unter freiem Himmel eine nicht zu unterschätzende Herausforderung. Die Simulation einer relativen Temperaturerhöhung und Kohlendioxidkonzentration auf Basis aktueller Bedingungen, sowie die Erzeugung künstlicher Trockenperioden mittels Abschattung von Niederschlägen erfordert eine Regelungs- und Steuerungstechnik für Beheizung, Begasung und Niederschlagsabschirmung, die eine kontinuierliche Anpassung an die Referenzsituation (also an das aktuelle Wetter) gewährleistet.

Zahlreiche externe Effekte wie zum Beispiel Wind, Niederschlag, Sonnenstrahlung und Temperaturschwankungen müssen dabei in Zeitabständen von wenigen Millisekunden ausgeglichen werden, um die Simulation für Trockenperioden sowie zwei Szenarien des Klimaeinflusses korrekt durchführen zu können. Bei diesen zwei Szenarien wird in mehrfacher Wiederholung eine mittlere Temperaturzunahme von +1.5°C und +3.0°C bzw. eine Zunahme der Kohlendioxidkonzentration um 150 bzw. 300 ppm simuliert.

Neben der Steuerung ist die Verarbeitung der anfallenden Daten und deren Bereitstellung für die spätere wissenschaftliche Auswertung eine wichtige Voraussetzung. So liefern die automatischen Sensorsysteme in Wetterstationen, Lysimetern und Steuerungsmechanismen pro Tag ca. 40.000 neue Daten, dazu kommen noch Beobachtungen und Analysen von unterschiedlichen Projektbeteiligten aus Erntematerial, Boden, Bonituren, nicht-invasiven Messkampagnen, usw. Ohne automatische Verarbeitung und Speicherung sowie ohne technische Unterstützung bei der Kontrolle ist es nicht möglich, diese Daten in großem Umfang interdisziplinär zu nutzen und daraus fachübergreifende Informationen abzuleiten.

Steuerung und Regelung

Die Klimasimulationen der ClimGrass-Experimente werden mit einer eigens entwickelten Software, programmiert in

der visuellen Programmiersprache LabView von National Instruments, gesteuert. Labview ist weltweit verbreitet und wird hauptsächlich in der Anlagensteuerung verwendet, bei der höchste Präzision gefordert ist. Häufig handelt es sich dabei um Materialtests in Produktion und Forschung. Weitere Anwendungsfelder finden sich in der Weltraumforschung und bei sehr großen und komplexen Projekten, wie etwa jene rund um den CERN-Teilchenbeschleuniger in der Schweiz.

Die visuelle Programmiersprache LabView unterstützt Funktionen und Methoden herkömmlicher Sprachen wie Schleifen, Verzweigungen, Datentypdefinitionen und eine Vielzahl von Datenspeicherstrukturen. Da in LabView hauptsächlich prozessorientierte Konzepte verwirklicht werden, erfüllt diese Art der Softwareentwicklung die Anforderungen in ClimGrass auf optimale Weise. Das entwickelte Steuerungsprogramm unterteilt sich in viele einzelne Module; dies fördert eine übersichtliche und für den geübten Programmierer gut verständliche Abfolge der einzelnen Algorithmen. LabView unterstützt den lesenden und schreibenden Zugriff auf viele Sensoren, Messgeräte und Datenlogger unterschiedlicher Hersteller. Diese Kompatibilität und die Möglichkeit der Schaffung geeigneter Schnittstellen sind gerade für den Einsatz und die Kombination heterogener Systeme in ClimGrass, wie Heizelemente, Begasungseinheiten, Rainout-Shelter, Wetterstationen, Messsensoren, besonders wichtig.

Die Umsetzung der Steuerung in LabView gliedert sich in fünf Bereiche: (a) Initialisierung der Variablen mit Daten aus den Sensoren, (b) Prüfung der Messwerte auf plausible Wertebereiche, (c) Steuerung der Heizelemente, Ventile und Motoren, (d) Aufzeichnung der Steuerungssignale und der dafür zugrundeliegenden Sensordaten in der zentralen ClimGrass-Datenbank und (e) Bereitstellung einer grafischen Oberfläche zur Interaktion zwischen Benutzer und der Anlagensteuerung.

LabView ermöglicht nämlich neben der Entwicklung von Algorithmen auch die Visualisierung sämtlicher Abläufe und Regelmechanismen für die gesamte Versuchsanlage. Die Oberfläche bietet für die tägliche Bedienung der Steuerung wichtige Informationen und es können auf einfache Weise Einstellungen und Zustände verändert werden (siehe *Abbildung 1*).

Hier werden neben manuellen Eingriffen in die Steuerungsprozesse auch die Referenzparzellen für die Klimasimulationen definiert. Die für ClimGrass entwickelte Oberfläche ermöglicht die Abfrage der Werte unterschiedlicher Sensoren, visualisiert die Regelung und bietet dem Benutzer auch

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Ansprechpartner: Andreas SCHAUMBERGER, andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at



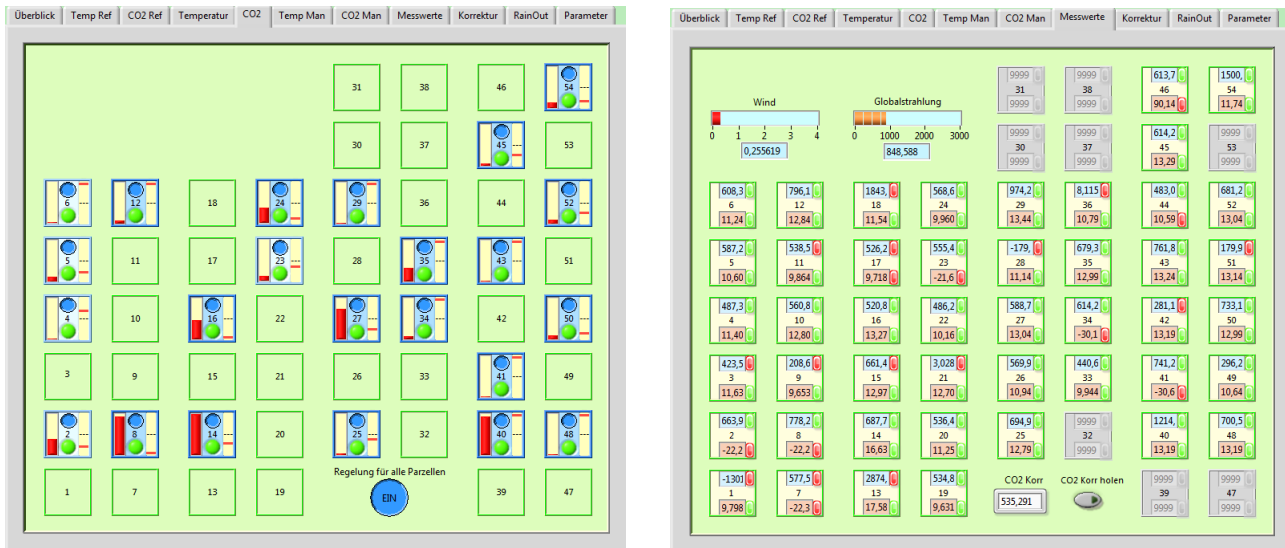


Abbildung 1: Grafische Benutzeroberfläche der ClimGrass-Steuerung mit einer laufenden CO₂-Steuerungsübersicht (links) und einer aktuellen Zustandsanzeige (rechts) als Beispiel

die Möglichkeit, wichtige Einstellungen zu setzen. Auch das Abschalten bzw. Einschalten der gesamten Anlage sowie die Auswahl von Referenzparzellen kann hier per Mausklick vorgenommen werden.

Bei der Temperatursimulation wird auf einigen Versuchspartzellen die Bestandesoberfläche mit Hilfe von Infrarotstrahlern um einen Betrag von +1.5°C bzw. +3.0°C im Vergleich zu einer oder mehrerer unbeheizter Referenzflächen erwärmt. Dies erfordert eine permanente Messung der aktuellen Temperatursituation und einen Steuerungsalgorithmus, der bewirkt, dass die zu simulierende Temperaturerhöhung auf die laufenden Schwankungen addiert und die Infrarotstrahler in ihrer Heizleistung so beeinflusst werden, bis ein Gleichgewicht zwischen Referenz- und Simulationsfläche unter Berücksichtigung des erhöhten Temperaturbetrages hergestellt ist. Die Temperatur auf den beteiligten Parzellen wird laufend gemessen und alle Abweichungen ausgeglichen, indem die Leistung der Heizelemente mit Hilfe von entsprechend dimensionierten Dimmern reguliert wird.

Klimamodelle zeigen für die Zukunft eine deutliche Zunahme der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre. In ClimGrass wird die Wirkung dieser Entwicklung auf den Grünlandbestand für zwei Szenarien (+150 und +300 ppm) untersucht. Um diese Konzentrationen zu simulieren ist eine kontinuierliche Begasung des Bestandes mit einem Luft-Kohlendioxid-Gemisch erforderlich. Das Signal für die Steuerung der Ventile, welche die CO₂-Zufuhr auf die Parzellen regelt, liegt zwischen 0 und 10 Volt.

Für beide Intensitätsstufen ist zudem eine Regelung der Lüfterleistung mittels Dimmer erforderlich. Die Lüfter dienen der Mischung von CO₂ mit der Umgebungsluft und dem Einblasen über die gelochten Begasungsringe im Zentrum einer Versuchspartzelle. Da schon geringe Windstärken zu einer Verfrachtung des eingeblasenen Gases führen, werden die CO₂-Ventile und die Lüfterleistung in Abhängigkeit der Windstärke geregelt. Sobald die Gefahr der unmittelbaren Verfrachtung aufgrund eines starken Windes besteht, schließen die Ventile, um möglichst sorgsam mit

den Gasressourcen umzugehen. Weiters wird nur während des Tages begast, wo die Kohlendioxidkonzentration auch ihre Wirkung in den Pflanzen entfalten kann. Die Begasung wird nur dann aktiviert, wenn die Globalstrahlung einen definierten Wert übersteigt.

Um in ClimGrass auch Trockenperioden simulieren zu können, wurde die Möglichkeit geschaffen, einige Parzellen automatisch und in Abhängigkeit von Niederschlägen abzudecken. Ist gemäß Versuchsplan eine Trockenperiode zu simulieren, können Motoren gesteuert werden, welche eine Abdeckplane über insgesamt 12 Parzellen ziehen. Sobald der Sensor Niederschlag registriert, startet die Abdeckung; erfolgt kein Niederschlag, sind die Planen eingezogen und in „Parkposition“. Kommt bei aufgespannter Abdeckung starker Wind auf, werden die Planen ebenfalls automatisch eingezogen, um Beschädigungen zu verhindern. Die Steuerung basiert auf den Daten von Regen- und Windsensoren.

Alle Regelungs- und Steuerschritte werden innerhalb einer Schleife im Abstand von 5 Millisekunden ausgeführt. Einzelne Bereiche wie das Einlesen werden alle 100 Millisekunden und die Änderung des Steuersignals jede Sekunde an die Schnittstellen weitergeleitet. Das Hinausschreiben der Werte wird alle 10 Sekunden durchgeführt. Damit wird eine unnötige Überlastung der Geräte und des Steuer-PCs vermieden. Sämtliche Parameter, wie die Frequenz der Bereiche, aber auch wichtige Grenzwerte, Sollwerte und Steuerungsparameter können manuell auch im laufenden Betrieb über die grafische Benutzeroberfläche (siehe *Abbildung 1*) geändert werden.

Datenmanagement

Im Rahmen von ClimGrass werden zahlreiche Daten erhoben, die entweder von Messungen automatischer Sensorsysteme am Feld stammen, von Mitarbeitern manuell beobachtet, gemessen und analysiert oder als Untersuchungsergebnisse in Labors generiert werden. Um Informationen aus den unterschiedlichsten Quellen (Wetterstationen, Lysimeter, Ernte, phänologische Beobachtungen,

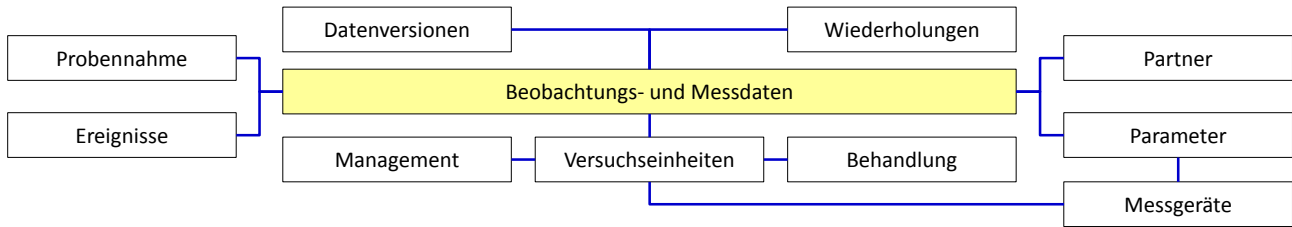


Abbildung 2: Vereinfachtes Schema der Datenstruktur in der ClimGrass-Datenbank

nicht-invasive Erhebungen, usw.) auf möglichst effiziente Weise miteinander kombinieren und gemeinsam auswerten zu können, ist der Aufbau einer zentralen Datenhaltung eine wichtige Voraussetzung.

In *Abbildung 2* ist deren Struktur als stark vereinfachtes Schema dargestellt. Um immer wieder neue Versuchsfragen mit Hilfe der ClimGrass-Anlage bearbeiten zu können,

braucht es eine Datenstruktur, die beliebig erweiterbar ist und auf neue Projekte und Projektpartner ohne zusätzlichen Adaptierungsaufwand reagieren kann. Das entwickelte Relationenschema weist deshalb eine starke Trennung in Datengruppen auf, die jede für sich zwar beliebig skalierbar ist, aber nur durch die Verbindungen untereinander sinnvolle und interpretierbare Informationen liefert.