

Seminar SMARTCities

# GREEN: Cool & Care

Rosina Schachl

Würzburg, Dezember 29, 2024



Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Lehrstuhl für Bioinformatik

Dozent: Prof Thomas Dandekar

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	2
2 Green - Cool and Care .....	3
2.1 Psychologische Vorteile .....	3
2.2 Physiologische Vorteile .....	4
3 Diskussion .....	6
3.1 Building Management Systeme (BMS) .....	6
3.2 Smart City Konzept .....	6
3.3 Wassermanagement.....	7
3.4 Abfallmanagement .....	8
3.5 Nachhaltige Energien .....	8
3.6 Pflegeroboter und Sprachassistenten.....	9
4 Fazit.....	10

## 1 Einleitung

Der Klimawandel, die zunehmende Urbanisierung und die alternde Gesellschaft stellen neue Herausforderungen an die Gestaltung von Pflegeeinrichtungen. Das Projekt 'Green: Cool & Care' unter der Leitung von Prof. Azra Korjenic an der TU Wien widmete sich von Oktober 2019 bis September 2022 dieser Problematik. Es entwickelte ein innovatives Konzept für nachhaltige und klimafreundliche Pflege [1]. Das Projekt zielte darauf ab, eine umweltfreundliche Pflege- und Betreuungseinrichtung für städtische Gebiete zu konzipieren, die besonders vom Urban Heat Island-Effekt betroffen sind [1]. Dabei wurden nachhaltige Ansätze auf ihre praktische Umsetzbarkeit geprüft. Ein Schwerpunkt lag auf der Implementierung und Erprobung von Begrünungsmaßnahmen in bestehenden Pflege- und Betreuungszentren in St. Pölten, Stockerau, Tulln und Wolkersdorf [2]. Das Projekt verfolgte einen interdisziplinären Ansatz, der Bauphysik, Landschaftsplanung, Vegetationstechnik sowie Sozial- und Pflegewissenschaften einbezog [1]. In Zusammenarbeit mit den Bewohnern und Mitarbeitern der Pflegeheime wurde eine naturnahe Gestaltung angestrebt, um die Lebensqualität in diesen Einrichtungen zu verbessern [3].

## 2 Green - Cool and Care

Wie der Name GREEN schon erahnen lässt, lag der Fokus vor allem auf der Begrünung des Wohnraumes. Sie setzt sich aus vertikaler, horizontaler, mobiler und Dachbegrünung zusammen. Die vertikale Begrünung beinhaltet die Installation von Pflanzenwänden im Innenbereich, die Fassadenbegrünung von außen und spezielle Wandsysteme zum vertikalen Framing [1].

Im Horizontalen findet man barrierefreie Gartenanlagen, bepflanzte Terrassen, Balkonflächen und Hochbeete, wodurch die Bewohner in der Pflanzenaufzucht aktiv sein können. Allerdings sind die Beete nicht auf eine Selbstversorgung ausgelegt, sondern dienen vor allem zur Beschäftigung und als sozialer Treffpunkt für die Bewohner. Die Pflanzen werden durch Bewässerungssysteme, spezielles Substrat für Innenräume und Beleuchtungssysteme zu optimalem Wachstum gebracht. Zusätzlich kümmert sich noch ein professionelles Pflanzenpflegeteam um die Grünflächen, da die Bewohner vor allem Spaß und Beschäftigung mit den Pflanzen haben und sie nicht als Belastung wahrnehmen sollen. Die Bepflanzung hat laut der Forschergruppe viele Vorteile.

### 2.1 Psychologische Vorteile

Für die Bewohner hat eine grünere Umgebung vielfältige positive Auswirkungen. Studien zeigen, dass Pflanzen und Gärtnern die Lebensqualität und das Wohlbefinden steigern können [1]. Konkret werden ein gestärktes Immunsystem, bessere Schlafqualität und Schmerzreduktion beobachtet [1]. Dies liegt unter anderem daran, dass sich Bewohner häufiger in begrünten Bereichen aufhalten, was soziale Interaktionen fördert. Dadurch reduziert sich die Anfälligkeit für Angstzustände und Depressionen, was das allgemeine Wohlbefinden stärkt [1]. Das Arbeiten mit Pflanzen hat zudem positive Effekte auf die Sinneswahrnehmung. Hier werden primär Pflanzen genutzt, die stark riechen und auffällige Farben aufweisen, um diesen Effekt zu verstärken. Der Kontakt mit Pflanzen hält den Körper aktiv und stärkt das Gemeinschaftsgefühl. Die Pflege von Pflanzen ermöglicht den Bewohnern, kognitive Fähigkeiten zu nutzen, emotionale Erfahrungen zu machen und soziale Beziehungen zu fördern [4]. Besonders Aspekte wie Autonomie, Kontrolle und Identität, die in institutionellen Umgebungen oft eingeschränkt sind, werden unterstützt.

Auch für das Pflegepersonal zeigen sich positive Effekte. Laut GREEN wirkt eine grünere Umgebung stressreduzierend, was zur Burnout-Prävention beitragen kann. Zudem werden eine

Stärkung der Konzentrationsfähigkeit und eine Senkung des Blutdrucks beobachtet [1]. Obwohl eindeutige wissenschaftliche Nachweise dafür noch ausstehen, berichten Pflegekräfte von einem subjektiv verbesserten Wohlbefinden. Darüber hinaus sollen Arbeitsmoral und Zufriedenheit zu einer gesteigerten Motivation führen. Diese Erkenntnisse unterstreichen, wie wichtig es ist, Begrünungen als integralen Bestandteil von Pflegeeinrichtungen zu betrachten. Sie tragen nicht nur zur Verbesserung des physischen Raumklimas bei, sondern haben auch signifikante positive Auswirkungen auf die psychische Gesundheit und das soziale Wohlbefinden aller Beteiligten [1].

## 2.2 Physiologische Vorteile

Sehr wichtig ist auch die signifikante Verbesserung der Luftqualität da die Pflanzen nicht nur den Sauerstoffgehalt erhöhen, sondern auch Schadstoffe wie Feinstaub herausfiltern, die Luftfeuchtigkeit erhöhen und somit positive Effekte auf die Atemwege hat und auch Erkältungskrankheiten reduziert. Im Winter sorgen die Pflanzen an den Wänden für Dämmung [1]. Die zunehmende Hitzebelastung in Pflegeheimen während der Sommermonate, stellt eine erhebliche Herausforderung dar, da die Bewohner sehr anfällig für hitzebedingte Gesundheitsprobleme sind. Besonders in urbanen Umgebungen wie Wien mit vielen versiegelten Flächen und dichter Bebauung. Hier tritt ein Hitzestau auf, da die Betonflächen die Wärme langfristig speichern. Die Begrünungsmaßnahmen können die Temperaturen in und um Pflegeeinrichtungen merklich senken. Pflanzen wirken dabei wie natürliche Klimaanlage, indem sie durch Transpiration die Luftfeuchtigkeit erhöhen und die Umgebungstemperatur reduzieren. Studien zeigen, dass diese Maßnahmen das Mikroklima verbessern und die Hitzebelastung sowohl für Bewohner als auch für das Personal spürbar verringern.

Zudem dienen Pflanzen an der Außenfassade als natürliche Schattenspender und können so verhindern, dass Baumaterialien wie Beton die Wärme speichern und die Temperaturen ansteigen lassen [1].

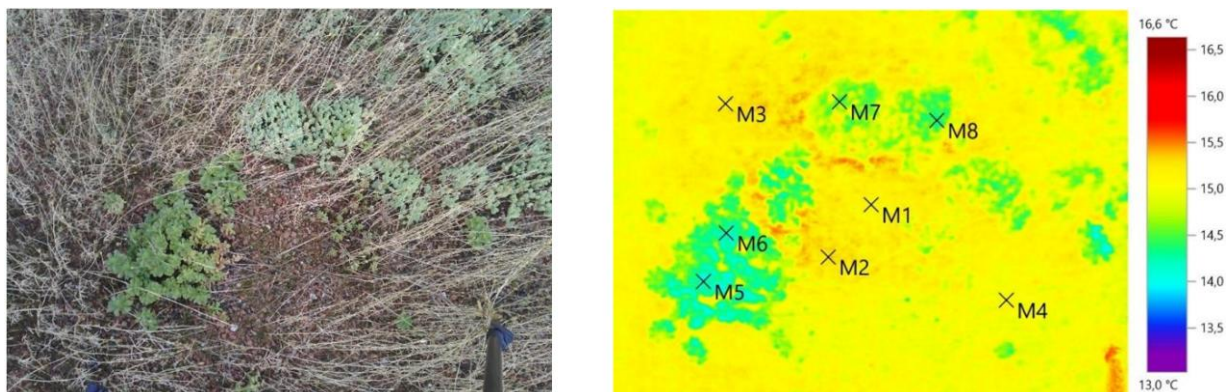


Abbildung 1 Thermografie-Messung auf dem Vordach des PBZ Tulln; Echtbild (l) und Wärmebild (r) [1].

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, wurde im Laufe des Projektes bei thermographischen Untersuchungen festgestellt, dass Dachbegrünungen einen reproduzierbaren Temperaturunterschied zwischen Substrat und Gewächs von ca. 2 °C bei einer durchschnittlichen Lufttemperatur von 25°C zeigen [5]. Doch nicht nur die Luftqualität wird verbessert. Die Pflanzen haben auch Auswirkungen auf die Akustik im Raum. Der Hall wird um 25 - 30% im Frequenzbereich zwischen 500 und 1000 Hz verringert [1]. Das hilft den Bewohnern bei besserer Verständigung, sorgt für eine angenehmere Raumatmosphäre und hilft der Frequenzdifferenzierung, wenn viele Menschen in einem Raum reden.

Bezüglich der Kosten für Begrünungsmaßnahmen bietet das Projekt einen Überblick über die mittleren Herstellkosten pro m<sup>2</sup> Begrünungsfläche: Die Vertikalbegrünung im Innenraum liegt bei 1.000 - 1.500 €/m<sup>2</sup>, die Vertikalbegrünung im Außenraum bei 800 - 1.200 €/m<sup>2</sup>. Vergleichsweise günstig ist die Dachbegrünung mit 80 - 120 €/m<sup>2</sup> sowie die Mobile Begrünungslösungen mit 500 €/m<sup>2</sup> [5].

### 3 Diskussion

Die bisher von GREEN erwähnten architektonischen Begrünungsstrategien sind sinnvoll und ein erster Schritt zu neuen, nachhaltigeren Pflegeheimen im urbanen Umfeld. Jedoch sollten noch weitere potenzielle Strategien erwähnt werden, die zu einem nachhaltigen Pflegealltag beitragen können.

#### 3.1 Building Management Systeme (BMS)

Für eine weiterführende Anpassung von Pflegeheimen an die Zukunft ist eine effiziente Energienutzung sehr wichtig. Hierfür würde sich die Integration eines BMS anbieten. Das BMS spielt eine zentrale Rolle bei der Optimierung der Energieeffizienz in öffentlichen Einrichtungen und großen privaten Gebäuden. Es ermöglicht eine integrierte Steuerung verschiedener Gebäudefunktionen, wodurch eine effiziente Nutzung von Ressourcen gewährleistet wird [6]. Ein wesentlicher Aspekt des BMS ist die zentrale Regulierung von Heizung, Lüftung und Klimatisierung, was zu einer verbesserten Kontrolle des Raumklimas führt. Darüber hinaus verfügt das BMS über intelligente Mess- und Steuermodule, die den Energieverbrauch kontinuierlich optimieren [6]. Diese Module erfassen und analysieren Daten in Echtzeit, um den Energiebedarf präzise zu steuern und unnötige Verschwendung zu vermeiden. Ein weiterer Vorteil des BMS liegt in seiner Fähigkeit zur Datenerhebung und -speicherung, was eine vorausschauende Planung ermöglicht. Durch die Analyse von Verbrauchsmustern kann die Energienutzung langfristig verbessert und auf zukünftige Anforderungen vorbereitet werden. Obwohl die Installation eines BMS zu signifikanten Energieeinsparungen führen kann, sind die Anschaffungskosten hoch. Zudem benötigt das Personal spezielle Schulungen, um das System effektiv zu nutzen. Trotz der Verfügbarkeit auf dem Markt fehlt bisher ein einheitlicher Standard, was die Auswahl erschweren kann [6].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Building Management System ein vielversprechendes Werkzeug für die Steigerung der Energieeffizienz in Pflegeheimen darstellen kann. Es bietet umfassende Kontroll- und Optimierungsmöglichkeiten, erfordert jedoch sorgfältige Planung und hohe Investitionen.

#### 3.2 Smart City Konzept

Die Integration nachhaltiger Pflegeeinrichtungen in Smart City Konzepte stellt einen wichtigen Schritt zur Schaffung zukunftsfähiger urbaner Räume dar. Diese Einrichtungen spielen eine

zentrale Rolle bei der Vernetzung verschiedener städtischer Systeme und tragen maßgeblich zur Gesamteffizienz bei. Durch die Verwendung von IoT-Technologien können Pflegeheime nahtlos mit der städtischen Infrastruktur verbunden werden, was eine optimierte Ressourcennutzung und verbesserte Dienstleistungen ermöglicht. IoT-Technologie steht für Internet of Things und besteht aus vernetzten Geräten und Systemen, die permanent Daten sammeln, austauschen und analysieren können [7]. Ein wesentlicher Vorteil dieser Integration ist wie bei BMS das kontinuierliche Monitoring, das wertvolle Daten für die Stadtplanung liefert. Diese Informationen können genutzt werden, um gesamte städtische Prozesse zu optimieren und die Lebensqualität zu verbessern. Ein kritischer Aspekt dieser Strategie ist der Datenschutz. Pflegeeinrichtungen verarbeiten hochsensible Gesundheitsinformationen. Die Vernetzung dieser Daten mit städtischen Systemen erhöht das Risiko von Datenschutzverletzungen. Das kontinuierliche Monitoring durch IoT-Geräte könnte als invasiv empfunden werden und die Privatsphäre der Bewohner beeinträchtigen. Es muss klar geregelt sein, wer die Kontrolle über die gesammelten Daten hat und wie diese verwendet werden dürfen.

### 3.3 Wassermanagement

Des Weiteren stellt effizientes Wassermanagement einen wesentlichen Aspekt nachhaltiger Gebäudekomplexe dar. Um dieses Ziel zu erreichen, könnten verschiedene innovative Maßnahmen implementiert werden. Der erste Schritt hierfür wurde in GREEN schon durch die Bewässerungssysteme für die vertikalen und horizontalen Beete gemacht [3]. Diese Systeme gewährleisten eine optimale, nachhaltige Wasserversorgung der Pflanzen. Man kann aber noch weiter gehen und in den Sanitärbereichen wassersparende Armaturen zu einer signifikanten Reduzierung des Wasserverbrauchs anbringen. Es wurde nicht ausdrücklich erwähnt, aber die Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung kann eine umweltfreundliche Alternative zur ausschließlichen Verwendung von Frischwasser bieten. Ein weiterer Ansatz für einen nachhaltigen Wasserhaushalt ist das Grauwasserrecycling, das eine Wiederverwendung von leicht verschmutztem Wasser ermöglicht [8]. Ein integriertes Wassersystem kann die Effizienz weiter steigern, indem es die Bewässerungssysteme direkt mit dem allgemeinen Wassersystem des Pflegeheims verbindet. Besonders ist hierbei die Möglichkeit, die Begrünung, vor allem vertikale Gärten, als natürliches Filtersystem für Grauwasser zu nutzen [8]. Der Aufwand, der damit verbunden ist, wäre wie bei den BMS hoch. Durch die Kombination erwähnter Ansätze könnte ein nachhaltiges und ressourcenschonendes Wassermanagement in Pflegeeinrichtungen realisiert werden. Dies würde nicht nur ökologische Vorteile mit sich bringen, sondern auch



langfristig zu Kosteneinsparungen führen und gleichzeitig das Wohlbefinden der Bewohner und des Personals durch eine grünere Umgebung fördern.

### 3.4 Abfallmanagement

Ein optimales, nachhaltiges Pflegeheim sollte ein umfassendes Abfallmanagementkonzept haben, das auf Reduzierung, Wiederverwendung und Recycling ausgerichtet ist. Eine Schlüsselstrategie wäre die Einführung eines effizienten Recyclingsystems, das verschiedene Abfallarten trennt und deren Wiederverwertung maximiert. Zur Verminderung von Lebensmittelabfällen könnte eine optimierte Speiseplanung beitragen, die nicht nur die Ressourceneffizienz steigert, sondern auch ökonomische Vorteile bietet. Die Verwendung von kompostierbaren Materialien für Einwegprodukte und die Einrichtung einer Kompostieranlage für organische Abfälle könnten den Restmüll weiter reduzieren. In einer medizinischen Einrichtung wie einem Pflegeheim ist ein vollständiges Umsteigen von Einweg zu Mehrwegprodukten allerdings nur schwer zu erreichen, da hier viel mit Einwegprodukten gearbeitet wird. Das tägliche Müllaufkommen pro Bewohner liegt bei 2-8 kg, was ca. 5000 kg pro Jahr sind [13]. Der Großteil davon sind Inkontinenzartikel. Diese nachhaltig zu gestalten ist eine große Herausforderung, da die Nutzung von Mehrwegprodukten sehr Zeit aufwendig wäre. Durch ausgefeiltes Recycling könnte ein nachhaltiges Pflegeheim seinen ökologischen Fußabdruck erheblich verringern und gleichzeitig Kosten einsparen.

### 3.5 Nachhaltige Energien

Alternativer Energiekonzepte spielen eine zentrale Rolle in nachhaltigen Pflegeeinrichtungen. Photovoltaikanlagen auf Dächern und Fassaden können einen bedeutenden Teil des Energiebedarfs decken und so die Abhängigkeit von konventionellen Energiequellen reduzieren. So haben moderne Solarmodule mit mono- und polykristallinen Solarzellen einen Wirkungsgrad von ca. 65-75 % [15]. Photovoltaik erzeugt pro kWh ca. 50 g CO<sub>2</sub>, was im Vergleich zu Erdgas mit 500 g, Steinkohle mit 830 g und Braunkohle mit 1075 g deutlichweniger ist. Zudem sind die Kosten für Solarstrom mit ca. 9 ct geringer als der Netzstrom mit 27 ct pro kWh [15]. So kann mit einem guten Speichersystem 80 % der Eigenversorgung geleitet werden. [15]. Ergänzend dazu bieten Wärmepumpen, die Erd- oder Luftwärme nutzen, eine effiziente Möglichkeit zur Heizung und Kühlung der Gebäude. Ein besonders vielversprechender Ansatz ist die Kraft-Wärme-Kopplung, die bei der Stromgewinnung entstandene Wärme zum Heizen nutzt, was zu einer optimalen Energieausnutzung führt. Wie teuer und effizient diese Methoden

sind, hängt von vielen Faktoren, wie der Größe und Ausrichtung der Gebäude anderen geographischen Gegebenheiten ab. Die alternativen Energiekonzepte können synergetisch mit Begrünungsmaßnahmen wirken. So kann beispielsweise eine Fassadenbegrünung nicht nur das Mikroklima verbessern, sondern auch durch Kühleffekte die Effizienz von Photovoltaikanlagen steigern [9]. Durch die Kombination dieser Technologien können Pflegeeinrichtungen ihren ökologischen Fußabdruck erheblich reduzieren und gleichzeitig langfristig Betriebskosten senken.

### 3.6 Pflegeroboter und Sprachassistenten

GREEN bietet neben der Begrünung keine Technologien zur nachhaltigen Pflege. Daher habe ich die Nutzung von Pflegerobotern (Nursing Robots) betrachtet, da diese in Zukunft eine bedeutende Rolle für eine nachhaltige Pflege spielen werden. Während GREEN wiederholt den personalintensiven Charakter der Begrünung betont, wird es aufgrund des demografischen Wandels in den kommenden Jahrzehnten immer mehr pflegebedürftige Menschen bei gleichzeitig weniger verfügbaren Pflegekräften geben. Deshalb ist die Etablierung neuer Technologien wie Pflegeroboter wichtig. Aktuell gibt es etwa 5,7 Millionen Pflegebedürftige in Deutschland, womit sich ihre Zahl in den letzten zehn Jahren verdoppelt hat [16].

Pflegeroboter können zwar nicht alle Aufgaben übernehmen, werden aber bereits erfolgreich in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Sie bieten Unterstützung bei alltäglichen Aufgaben, wie Ankleiden, Essen und Bewegung [10]. Sie können durch eingebaute Sensoren Vitalparameter prüfen und im Notfall Hilfe holen [10]. Außerdem sind sie zu sozialen Interaktionen in der Lage und können die kognitiven Fähigkeiten von Patienten fördern [10]. Dies bietet schon viel Entlastung für die Pflegenden [11]. Die Akzeptanz von Pflegerobotern bei älteren Menschen ist generell positiv [12]. Viele Senioren nehmen die Geräte gut an und schätzen deren neutrale Art. In einer Studie gaben 73,7% der Befragten an, dass sie sich mit Hilfe eines Roboters aus dem Bett mobilisieren lassen würden [12]. Erschwingliche Modelle gibt es wenige. Derzeit variieren die Kosten für Pflegeroboter stark. Kleinere Modelle wie Pepper kosten etwa 2.000 US-Dollar, sind aber in ihren Funktionen begrenzt. Pepper ist 1,20 Meter groß und 28 kg schwer, hat ein kindliches, sympathisches Erscheinungsbild und kann hören, sprechen und mehrere Sprachen verstehen. Er erkennt Stimmungen und Emotionen seiner Gesprächspartner, kann Witze erzählen, liest Geschichten vor und spielt Musik ab. Er stellt Rätsel und führt Gehirntraining-Übungen durch, motiviert Senioren zum Tanzen und zu körperlichen Übungen und erinnert an Medikamenteneinnahmen und Termine [13].

Fortschrittlichere Modelle wie Care-O-bot oder Casero sind mit 250 000 \$ deutlich teurer.

## 4 Fazit

Das optimale Pflegeheim der Zukunft beinhaltet eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Klimawandel bedingte Wetterereignisse, die durch klimaneutrale Konzepte erreicht wird. Obwohl die Umsetzung solcher Konzepte anfänglich höhere Investitionen erfordern mag, führen sie langfristig zu erheblichen Einsparungen und einer verbesserten Lebensqualität. Zudem könnten klimaneutrale Pflegeeinrichtungen einen kleinen Beitrag zur Erreichung von Klimazielen leisten. Die Integration von digitalen Lösungen und Smart Home Technologien in Pflegeeinrichtungen stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um die Nachhaltigkeit und die Qualität der Pflege zu verbessern. Die Technologien bieten ein breites Spektrum an Möglichkeiten, die von Energiemanagement über Sicherheitsaspekte bis hin zur Förderung der Autonomie der Bewohner reichen. Im Bereich des Energiemanagements können intelligente Systeme einen großen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten. Durch die automatische Regulierung von Heizung, Kühlung und Beleuchtung lassen sich erhebliche Energieeinsparungen erzielen. Diese Systeme könnten in ein umfassendes Building Management System (BMS) integriert werden. Smart City Technologien gehen über das reine Energiemanagement hinaus. Sicherheitssysteme, die Sensoren und Überwachungstechnologien nutzen, können die Sicherheit der Bewohner erhöhen. Darüber hinaus können sprachgesteuerte Assistenten den Alltag der Bewohner erleichtern und ihre Autonomie fördern. Diese Technologien könnte es den Bewohnern ermöglichen, Kontrolle über ihre Umgebung auszuüben, selbst wenn ihre physischen Fähigkeiten eingeschränkt sind. Die Integration alternativer Energiekonzepte ist ein weiterer wichtiger Aspekt nachhaltiger Pflegeeinrichtungen. Die Installation von Photovoltaikanlagen auf Dächern und Fassaden könnte einen bedeutenden Teil des Energiebedarfs decken. Wärmepumpen, die Erdwärme oder Luftwärme nutzen, bieten eine effiziente Möglichkeit zur Heizung und Kühlung. Die Kraft-Wärme-Kopplung könnte zu einer optimalen Energieausnutzung beitragen. Diese alternativen Energiekonzepte könnten zusammen mit den Begrünungsmaßnahmen wirken. Ein durchdachtes Abfallmanagement und eine effiziente Ressourcennutzung sind entscheidende Faktoren für die Nachhaltigkeit von Pflegeeinrichtungen. Ein umfassendes Recyclingsystem könnte den Abfall erheblich reduzieren und zur Ressourcenschonung beitragen. Im Bereich des Wassermanagements könnten wassersparende Armaturen und die Nutzung von Regen- und Grauwasser den Wasserverbrauch senken. Die Optimierung der Speiseplanung zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen stellt einen weiteren wichtigen Aspekt dar, der nicht nur zur Ressourceneffizienz beiträgt, sondern auch ökonomische Vorteile bietet. Die Einführung von Pflegerobotern in Pflegeeinrichtungen birgt großes Potenzial für die Zukunft der Pflege. Mit ihrer Hilfe könnte das Pflegepersonal

entlastet werden. Dies könnte insbesondere in Zeiten von Personalmangel oder in Situationen, in denen soziale Distanzierung erforderlich ist, von großem Wert sein. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass Pflegeroboter nicht als Ersatz für menschliche Interaktion und Pflege gesehen werden sollten, sondern als ergänzendes Werkzeug zur Verbesserung der Pflegequalität. Ein wichtiger Aspekt bei nachhaltigen Konzepten in Pflegeeinrichtungen ist die Wirtschaftlichkeit. Während die Anfangsinvestitionen für grüne Technologien und Begrünung höher sein können, bieten sie das Potenzial für langfristige Einsparungen durch verbesserte Energieeffizienz und reduzierte Ressourcennutzung. Die gesundheitsökonomischen Aspekte sollten ebenfalls berücksichtigt werden. Verbesserte Bewohnergesundheit durch ein optimiertes Umfeld könnte zu Kosteneinsparungen im Gesundheitssystem führen. Allerdings fehlen hier noch umfassende Studien, die diese potenziellen Einsparungen quantifizieren. Ein detaillierter Kostenvergleich zwischen "grünem Wohnen" und konventionellen Pflegeeinrichtungen wäre notwendig, um die langfristige Wirtschaftlichkeit genau zu beurteilen. Dieser Vergleich sollte nicht nur direkte Kosten, sondern auch indirekte Faktoren wie Bewohnerzufriedenheit, Personalfuktuation und potenzielle Gesundheitsvorteile berücksichtigen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Integration von Digitalisierung, Smart Home Technologien, alternativen Energiekonzepten, effizientem Abfallmanagement und Ressourceneffizienz in Pflegeeinrichtungen ein vielversprechender Ansatz für die Zukunft ist. Diese Konzepte bieten das Potenzial, die Nachhaltigkeit zu verbessern, die Pflegequalität zu steigern und langfristig Kosten zu senken. Allerdings bedarf es weiterer Forschung und praktischer Erprobung, um die optimale Balance zwischen Investitionen und Nutzen zu finden und um sicherzustellen, dass diese Technologien die menschliche Pflege ergänzen und nicht ersetzen.

## References

- [1] Technische Universität Wien, Universität Wien, Büro für nachhaltige Kompetenz, B-NK GmbH, and Dipl.-Ing. Ralf Dopheide e. U. *GREEN: Ein praxisnaher Leitfaden*, November 2022.
- [2] Katharina et al. Halbmayr. Green: Cool care—research and development of greening measures in nursing homes in Austria. technical and social interconnections. *Sustainability*, 13(20), 2021.
- [3] Gert Dressel, Barbara Pichler, and Elisabeth Reitingner. Wenn wohn- und pflegeheime grüner werden: Die wirkungen von pflanzen im kontext personenzentrierter pflege und betreuung.
- [4] Erja Rappe. *The influence of a green environment and horticultural activities on the subjective well-being of the elderly living in long-term care*. PhD thesis, University of Helsinki.
- [5] Barbara Pichler and Elisabeth Reitingner. Die Perspektive der Bewohner\*innen – ein Projekt Bericht für Green: Cool & care. Technical Report.
- [6] Wikipedia Contributors. Building management system.
- [7] Carlos Mattos, Inês Sittón-Candanedo, James Heaton, Ajith Kumar Parlikad, Subhas Jan, and Ashok Rath. *IoT – the Internet of things*. MIT Press.
- [8] Cristina Santos, Francisco Taveira-Pinto, Chi Yuang Cheng, and Daniel Leite. Development of an experimental system for greywater reuse. 285:301–305.
- [9] Verbraucherzentrale NRW. Solargründach: Vorzüge von photovoltaik und dachbegrünung kombinieren.
- [10] Alexander Thamm. Pflegeroboter in der altenpflege: Können pflegeroboter die altenpflege revolutionieren? Dezember 2021.
- [11] Pouya Asgharian, Adina M. Panchea, and François Ferland. A review on the use of mobile service robots in elderly care. 11(4):82.
- [12] Ivonne Honekamp et al. Akzeptanz von pflegerobotern im krankenhaus: Eine quantitative studie. *TATuP*, 28(2):58–63, 2019.
- [13] Aldebaran Robotics SAS and SoftBank Mobile Corp. Pepper (roboter), 2021.
- [14] Abfallmanager Medizin (2025) Hygiene und Abfallentsorgung in Pflegeheimen: Infektionsrisiken senken, Einsparmöglichkeiten prüfen. Available at: <https://www.abfallmanager-medizin.de/themen/hygiene-und-abfallentsorgung-in-pflegeheimen-infektionsrisiken-senken-einsparmoeglichkeiten-pruefen/> (Accessed: 3 January 2025).
- [15] WeGaTech (2025) Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen. Available at: <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/wirkungsgrad/> (Accessed: 3 January 2025).
- [16] Destatis (2025) Pflege. Available at: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Pflege/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Pflege/_inhalt.html) (Accessed: 3 January 2025).