

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

School of Management and Law

Disposition: E-Voting in der Schweiz: welche Hürden stehen der Einführung noch im Weg?

Dozent: Philipp Stalder

Department: School of Management and Law

Modul: w.BA.XX.3WM-WIN.XX Wissenschaftliche Methoden

Semester: 6. Semester

Abgabedatum: 13.04.2025

Abstract

E-Voting gilt als vielversprechende Möglichkeit, demokratische Prozesse in der Schweiz zu modernisieren und insbesondere Auslandschweizern sowie mobilitätseingeschränkten Personen die Stimmabgabe zu erleichtern. Trotz langjähriger Pilotprojekte bestehen weiterhin erhebliche Hürden, etwa im Bereich der technischen Sicherheit, des Datenschutzes und der politischen Umsetzung. Ziel dieser Arbeit ist es, zentrale Barrieren bei der Einführung von E-Voting zu identifizieren und zu analysieren. Dafür wird ein deduktiv-induktiver Forschungsansatz gewählt, der theoretische Modelle mit empirischer Datenerhebung kombiniert. Im Zentrum steht eine standardisierte Online-Umfrage, mit der Akzeptanz, Bedenken und Erwartungen potenzieller Nutzern in der Schweiz erhoben werden. Die Ergebnisse werden quantitativ und qualitativ ausgewertet, um praxisnahe Empfehlungen für die Weiterentwicklung elektronischer Wahlsysteme abzuleiten. Die Arbeit leistet damit einen Beitrag zur wissenschaftlichen und politischen Diskussion rund um die Zukunft des E-Voting in der Schweiz.

Stichworte E-Voting · Schweiz · elektronische Wahlen · E-Government · digitale Demokratie
Hürden · Blockchain · Sicherheit · Datenschutz

1. Problemstellung und Relevanz des Themas

Die Einführung von E-Voting in der Schweiz steht trotz langjähriger Pilotversuche und technologischer Entwicklungen vor erheblichen Herausforderungen. So besteht zwar eine hohe grundsätzliche Akzeptanz für elektronische Wahlsysteme (Pleger & Mertes, 2018, S. 5), doch gleichzeitig bleiben substantielle Bedenken hinsichtlich Sicherheit, Datenschutz und Transparenz bestehen (Agate et al., 2021, S. 2; Sheela & Franklin, 2021, S. 6). Sicherheitsrisiken betreffen insbesondere Manipulationsmöglichkeiten und die Gewährleistung des Wahlheimnisses (Rathee et al., 2021, S. 34175; Vladucu et al., 2023, S. 23294).

In einer zunehmend mobilen und digitalisierten Gesellschaft wächst der Anspruch, politische Rechte flexibel, orts- und zeitunabhängig auszuüben. E-Voting adressiert dieses Bedürfnis: Es erleichtert insbesondere Auslandschweizern, älteren Menschen oder Personen mit eingeschränkter Mobilität die Teilnahme an Wahlen und Abstimmungen und unterstützt somit die E-Government-Strategie des Bundes (Reiners, 2020, S. 59). Trotz des technologischen Potenzials von Blockchain-basierten Systemen besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere hinsichtlich Skalierbarkeit und Energieeffizienz (Tanwar et al., 2024, S. 1470–1471).

2. Stand der Forschung

Im Folgenden werden zentrale Forschungsergebnisse dargestellt, die als Grundlage für die empirische Untersuchung dieser Arbeit dienen. Dabei wird insbesondere auf Beiträge eingegangen, die sich mit der Wahrnehmung von Nutzern, innovativen Systemarchitekturen sowie der Situation in der Schweiz befassen.

2.1. Nutzen und Akzeptanz

Pleger und Mertes (2018, S. 5) untersuchen die Nutzung und Bewertung von E-Voting-Systemen durch Schweizer Staatsangehörige im Ausland auf Basis einer Online-Umfrage mit 596 Teilnehmenden. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Akzeptanz: 97 % der Befragten geben an, E-Voting nutzen zu wollen. Als zentrale Einflussfaktoren identifizierten die Autoren die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit des Systems sowie das Vertrauen in staatliche Institutionen und die Sicherheit der technischen Prozesse (Pleger & Mertes, 2018, S. 7, 8). Die Studie stützt sich auf das Technology Acceptance Model (TAM) und erweitert dieses um die Dimension „Vertrauen“. Trotz der insgesamt positiven Bewertungen wird in offenen Antworten deutlich, dass Bedenken hinsichtlich Datenschutz und Transparenz weiterhin bestehen (Pleger & Mertes, 2018, S. 7).

Petitpas et al. (2021, S. 1) untersuchen auf Basis individueller Stimmdata aus dem Kanton Genf den Einfluss von E-Voting auf die Wahlbeteiligung. Während aggregierte Studien bisher kaum Effekte nachweisen konnten, zeigen die Autoren, dass E-Voting insbesondere bei Abstinenten und Gelegenheitswählern die Teilnahme erhöht (Petitpas et al., 2021, S. 9, 10). Dabei profitiert vor allem die ältere Bevölkerung, während junge und Frauen vergleichsweise weniger mobilisiert werden. Insgesamt kommt die Studie zum Schluss, dass E-Voting die politische Teilnahme unter bestimmten Bedingungen fördern kann, ohne jedoch bestehende Ungleichheiten vollständig zu überwinden (Petitpas et al., 2021, S. 9). Daten aus der Schweiz zeigen, dass zentrale politische Strukturen, gesetzliche Anpassungen und konsensorientierte Zusammenarbeit wesentliche Erfolgsfaktoren für die Einführung und Umsetzung von E-Voting darstellen (Reiners, 2020, S. 63). Gleichzeitig verdeutlicht der Fall Zürich, wie politische Uneinigkeit, technische Unsicherheiten und institutionelle Fragmentierung die Einführung von E-Voting-Systemen hemmen können (Reiners, 2020, S. 68, 69).

2.2. Technologische Konzepte

Neben institutionellen Faktoren werden in der aktuellen Forschung vermehrt technologische Lösungen zur Verbesserung der Sicherheit und Transparenz diskutiert. Biometrie-basierte E-Voting-Systeme sollen Manipulationen wie Mehrfachstimmenabgabe oder Wahlfälschung verhindern, etwa durch die Überprüfung des Fingerabdrucks (Sheela & Franklin, 2021, S. 2). Solche Systeme erfüllen wesentliche Sicherheitsanforderungen wie Anonymität, Nicht-Nachvollziehbarkeit und öffentliche Verifizierbarkeit und stellen damit eine praktikable Alternative zu herkömmlichen E-Voting-Systemen dar (Sheela & Franklin, 2021, S. 6). SecureBallot ist ein quelloffenes, kryptografisch abgesichertes E-Voting-System, das auf die strikte Trennung von Wähleridentifikation und Stimmabgabe setzt. Ziel ist es, die Privatsphäre der Wählenden zu schützen und gleichzeitig zentrale Sicherheitsanforderungen wie Anonymität, Unveränderbarkeit und Authentizität zu gewährleisten (Agate et al., 2021, S. 2).

Die Stimmabgabe erfolgt an physisch betreuten Wahlstationen mithilfe temporärer, anonymer Identitäten (Tokens), wodurch eine Rückverfolgbarkeit ausgeschlossen wird. Die Offenlegung des

Quellcodes stärkt die Transparenz und Nachvollziehbarkeit und ermöglicht eine flexible Anpassung an unterschiedliche Wahlszenarien (Agate et al., 2021, S. 2).

Das Ziel des E-Voting-Systems von Zhang et al. (2022, S. 3609) ist es, Verifizierbarkeit mit starker Privatsphäre zu kombinieren, ohne die Systemeffizienz zu beeinträchtigen. Besonderes Augenmerk liegt auf dem Schutz vor Subversion durch die Wahlleitung sowie der Crowd-Verifizierbarkeit durch Wählende selbst. Im Vergleich zu anderen Systemen wie Helios bietet das vorgeschlagene System höhere Sicherheit bei vergleichbarer Performance und ist für reale Wahlen praktikabel einsetzbar (Zhang et al., 2022, S. 3618).

Dezentrale E-Voting-Architekturen sollen darüber hinaus die Sicherheit und Transparenz durch verteilte Systeme gewährleisten. Der Ansatz von Soares und Vasconcelo (2023, S. 3) kombiniert Konsensalgorithmen mit zeitbasierter Verschlüsselung, um Wahlmanipulationen zu verhindern und das Wahlgeheimnis zu wahren, während die Abhängigkeit von zentralen Autoritäten minimiert wird. Die Autoren identifizieren praktische Herausforderungen wie mögliche Angriffe auf die Zertifizierungsstelle und die Komplexität der Konsensfindung in Zweiparteiensystemen (2023, S. 8). Obwohl das Konzept vielversprechend ist, betonen sie den Bedarf weiterer Forschung, insbesondere zur praktischen Umsetzung der Verschlüsselungstechniken und zur Verbesserung der Wähleranonymität, bevor das System in der Praxis eingesetzt werden kann (Soares & Vasconcelos, 2023, S. 13).

2.3. Blockchain

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Einsatz von Blockchain-Technologie. Das von Rathee et al. (2021, S. 34165) entwickelte Blockchain-basierte E-Voting-System ist in die Infrastruktur von IoT-orientierten Smart Cities eingebettet. Ihr Ziel ist es, Sicherheitsrisiken bei elektronischen Wahlen zu minimieren, insbesondere durch die Kombination von Blockchain-Technologie mit einem Vertrauensbewertungsmechanismus für IoT-Geräte (Rathee et al., 2021, S. 34168). Das System identifiziert vertrauenswürdige Geräte durch ein sozial optimiertes Bewertungsverfahren und nutzt Blockchain zur dezentralen, transparenten Speicherung und Nachverfolgung von Wahlvorgängen. Die Autoren zeigen, dass ihr Ansatz gegenüber bestehenden Verfahren verbesserte Ergebnisse hinsichtlich Authentifizierungsverzögerung, Angriffserkennung (z. B. DDoS) und Manipulationssicherheit aufweist (Rathee et al., 2021, S. 34175).

Vladucu et al. (2023, S. 23294) bieten einen Überblick über mehr als 60 Blockchain-basierte E-Voting-Systeme. Die Studie beleuchtet die Potenziale von Blockchain zur Erhöhung von Transparenz, Sicherheit und Unveränderbarkeit elektronischer Wahlprozesse. Dabei werden verschiedene Blockchain-Typen (öffentlich, privat, hybrid), Konsensalgorithmen (z. B. Proof of Work, PBFT, Proof of Vote) sowie kryptografische Verfahren (z. B. Zero-Knowledge-Proofs, Blind Signatures) vorgestellt (Vladucu et al., 2023, S. 23295, 23296). Es werden reale Anwendungen aus Ländern wie Estland, Australien, Russland und der Schweiz analysiert und kommerzielle Systeme wie Voatz, Polyas oder Follow My Vote diskutiert (Vladucu et al., 2023, S. 23303). Die

Autoren identifizieren offene Forschungsfelder, zum Beispiel hinsichtlich Skalierbarkeit, Benutzerfreundlichkeit, Interoperabilität und Vertrauensbildung, besonders für Nutzergruppen ohne technische Affinität (Vladucu et al., 2023, S. 23299).

Alshehri et al. (2023, S. 1) beschreiben ein Blockchain-basiertes E-Voting-System, das Score-Voting ermöglicht und dabei Privatsphäre sowie Sicherheit gewährleistet. Das System nutzt Zero-Knowledge-Beweise, um sicherzustellen, dass die abgegebenen Stimmen innerhalb eines definierten Bereichs liegen, ohne die konkreten Werte preiszugeben (Alshehri et al., 2023, S. 2). Durch die Dezentralität der Blockchain wird Manipulation verhindert und Transparenz gewahrt. Experimentelle Ergebnisse zeigen, dass das System bis zu 10.000 Transaktionen effizient verarbeiten kann, was es für kleine bis mittelgrosse Wahlen geeignet macht (Alshehri et al., 2023, S. 14).

Die Hauptvorteile von Blockchain-basierten E-Voting-Systemen sind Sicherheit, Transparenz und Effizienz durch Unveränderbarkeit, Dezentralisierung und Smart Contracts (Hajian Berenjestanaki et al., 2024, S. 1) sowie eine potentiell höhere Wahlbeteiligung (Mannonov & Myeong, 2024, S. 14). Smart Contracts sind digitale Verträge, die auf der Blockchain gespeichert und automatisch ausgeführt werden, sobald die im Code festgelegten Bedingungen erfüllt sind. Sie fungieren als Backend für dezentrale Anwendungen und ermöglichen den sicheren Austausch digitaler Vermögenswerte ohne Zwischeninstanzen. Trotz ihres Potenzials steckt die Technologie noch in den Anfängen und wird derzeit vor allem für Kryptowährungstransaktionen und Eigentumsnachweise genutzt (Tanwar et al., 2024, S. 1457).

Es bestehen Herausforderungen wie Skalierbarkeitsprobleme bei grossen Wahlen und die schwierige Balance zwischen Anonymität und Nachvollziehbarkeit. Lösungsansätze umfassen Zero-Knowledge-Proofs und homomorphe Verschlüsselung, um Datenschutz und Verifizierbarkeit zu gewährleisten (Hajian Berenjestanaki et al., 2024, S. 26). Während die Technologie grosses Potenzial zeigt, sind weitere Forschung und praktische Tests notwendig, um sie für den breiten Einsatz in demokratischen Wahlen zu optimieren (Hajian Berenjestanaki et al., 2024, S. 31). Die Akzeptanz solcher Systeme hängt massgeblich von der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und dem Nutzen ab, wobei Vertrauen in die Technologie eine zentrale Rolle spielt (Mannonov & Myeong, 2024, S. 1). Die Integration von künstlicher Intelligenz könnte zusätzlich die Authentifizierung von Wählern verbessern und Manipulationsversuche erkennen (Mannonov & Myeong, 2024, S. 14). Dennoch bleiben Herausforderungen wie die digitale Infrastruktur und rechtliche Rahmenbedingungen entscheidende Faktoren für eine erfolgreiche Implementierung (Mannonov & Myeong, 2024, S. 6).

Tanwar et al. (2024, S. 1449) präsentieren ebenfalls eine Blockchain-basierte E-Voting-Lösung, die auf Ethereum-Smart Contracts und einer dezentralen Anwendung (DApp) basiert. Sie ist in der Lage, Doppelabstimmungen zu verhindern und Echtzeit-Ergebnisse überprüfbar zu machen, während die Identität der Wählenden geschützt bleibt (Tanwar et al., 2024, S. 1461). Die Implementierung umfasst eine Frontend-Oberfläche, die über MetaMask mit der Blockchain interagiert, sowie Tests mit Truffle und Ganache zur Validierung der Funktionalität (Tanwar et al.,

2024, S. 1463). Trotz des Potenzials identifiziert die Studie Herausforderungen wie Skalierbarkeit, Energieverbrauch und die Komplexität von Smart Contracts, die weitere Forschung erfordern (Tanwar et al., 2024, S. 1469–1471).

Das von Jayakumari et al. (2024, S. 103) vorgestellte Cloud-basierte E-Voting-System, welches hybride Blockchain-Technologie nutzt, kombiniert zeitstempelbasierte Authentifizierung mit digitalen Signaturen für die Wählerregistrierung, Smart Contracts zur Vermeidung von Manipulationen und den PBFT-Konsensmechanismus für eine sichere Stimmauszählung. Experimentelle Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduktion von Authentifizierungsverzögerungen (um 50 %) und Stimmmanipulationen (um 55 %) im Vergleich zu bestehenden Systemen (Jayakumari et al., 2024, S. 106). Die Autoren betonen das Potenzial der Technologie für demokratische Wahlen, identifizieren jedoch Handlungsbedarf hinsichtlich Skepsis der Bevölkerung, gesetzlichen Rahmenbedingungen und Benutzerfreundlichkeit (Jayakumari et al., 2024, S. 108).

3. Forschungsfrage

Ausgehend von der dargestellten Problemstellung stellt sich die Frage, welche politischen, institutionellen und technischen Hürden einer flächendeckenden Einführung von E-Voting in der Schweiz derzeit noch im Weg stehen. Ziel der Arbeit ist es, die zentralen Erfolgs- und Misserfolgskriterien anhand von Rückmeldungen von wahlberechtigten Personen zu analysieren und daraus Rückschlüsse für zukünftige Entwicklungen zu ziehen.

Die Forschungsfrage lautet «Welche Hürden stehen der dauerhaften und breiten Einführung von E-Voting in der Schweiz aktuell noch im Weg?».

Sie orientiert sich an der Zielsetzung, bestehende Barrieren zu identifizieren und vor dem Hintergrund internationaler Entwicklungen und technischer Innovationen einzuordnen. Zugleich wird angestrebt, praxisrelevante Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung elektronischer Wahlsysteme in der Schweiz abzuleiten.

4. Forschungsdesign und Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein mixed-method-Ansatz gewählt, der deduktive und induktive Elemente kombiniert. Ausgangspunkt ist ein deduktives Vorgehen, das auf theoretischen Annahmen und bestehenden Studien zur E-Voting-Akzeptanz basiert (z. B. Technology Acceptance Model, Datenschutztheorien, institutionelle Ansätze). Diese werden in einem zweiten Schritt durch induktiv erhobene empirische Daten ergänzt, um neue Erkenntnisse über bestehende Hürden und Akzeptanzbarrieren zu gewinnen. Kern des empirischen Teils ist eine standardisierte Online-Umfrage, die sich an Schweizer Bürger richtet. Ziel ist es, konkrete Bedenken, Erwartungen und Wahrnehmungen im Zusammenhang mit E-Voting zu erheben. Der Fragebogen enthält sowohl geschlossene (Likert-Skalen) als auch offene Fragen und orientiert

sich an den zentralen Themen Sicherheit, Datenschutz, Vertrauen, Bedienbarkeit und politisches Interesse.

Ergänzend wird erhoben, welche technischen oder politischen Rahmenbedingungen aus Sicht der Befragten notwendig wären, um E-Voting zu unterstützen. Die Umfrage wird über Online-Kanäle, Hochschulnetzwerke und soziale Medien verbreitet, um eine möglichst heterogene Teilnehmergruppe zu erreichen. Die geschlossenen Fragen werden quantitativ-statistisch ausgewertet, während offene Antworten einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen werden. Die Ergebnisse sollen bestehende Forschung ergänzen, neue Hypothesen generieren und praktische Empfehlungen für die Weiterentwicklung von E-Voting-Systemen in der Schweiz ableiten.

Literaturverzeichnis

- Agate, V., De Paola, A., Ferraro, P., Lo Re, G., & Morana, M. (2021). SecureBallot: A secure open source e-Voting system. *Journal of Network and Computer Applications*, 191, 103165. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103165>
- Alshehri, A., Baza, M., Srivastava, G., Rajeh, W., Alrowaily, M., & Almusali, M. (2023). Privacy-Preserving E-Voting System Supporting Score Voting Using Blockchain. *Applied Sciences*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/app13021096>
- Hajian Berenjestanaki, M., Barzegar, H. R., El Ioini, N., & Pahl, C. (2024). Blockchain-Based E-Voting Systems: A Technology Review. *Electronics*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/electronics13010017>
- Jayakumari, B., Sheeba, S. L., Eapen, M., Anbarasi, J., Ravi, V., Suganya, A., & Jawahar, M. (2024). E-voting system using cloud-based hybrid blockchain technology. *Journal of Safety Science and Resilience*, 5(1), 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2024.01.002>
- Mannonov, K. M. ugli, & Myeong, S. (2024). Citizens' Perception of Blockchain-Based E-Voting Systems: Focusing on TAM. *Sustainability*, 16(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/su16114387>
- Petitpas, A., Jaquet, J. M., & Sciarini, P. (2021). Does E-Voting matter for turnout, and to whom? *Electoral Studies*, 71, 102245. <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2020.102245>
- Pleger, L. E., & Mertes, A. (2018). Use and assessment of e-voting systems: Findings from an online-survey among Swiss nationals living abroad. In *Swiss Yearbook of Administrative Science* (Bd. 9). Schweizerische Gesellschaft für Verwaltungswissenschaften. <https://doi.org/10.5334/ssas.1>
- Rathee, G., Iqbal, R., Waqar, O., & Bashir, A. K. (2021). On the Design and Implementation of a Blockchain Enabled E-Voting Application Within IoT-Oriented Smart Cities. *IEEE Access*, 9, 34165–34176. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3061411>
- Reiners, M. (2020). Vote Électronique in Switzerland: Comparison of Relevant Pilot Projects. *Journal of Comparative Politics*, 13(1), 58–75.

- Sheela, A. C. S., & Franklin, Ramya. G. (2021). E-Voting System Using Homomorphic Encryption Technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1770(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1770/1/012011>
- Soares, J. M., & Vasconcelos, R. O. (2023). A distributed architecture proposal for e-voting. *Texto Livre*, 16, e42204. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.42204>
- Tanwar, S., Gupta, N., Kumar, P., & Hu, Y.-C. (2024). Implementation of blockchain-based e-voting system. *Multimedia Tools and Applications*, 83(1), 1449–1480. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15401-1>
- Vladucu, M.-V., Dong, Z., Medina, J., & Rojas-Cessa, R. (2023). E-Voting Meets Blockchain: A Survey. *IEEE Access*, 11, 23293–23308. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3253682>
- Zhang, X., Zhang, B., Kiayias, A., Zacharias, T., & Ren, K. (2022). An Efficient E2E Crowd Verifiable E-Voting System. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 19(6), 3607–3620. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2021.3103336>