Richtlinie zum „Software-Sprint“

Reflection - Kollaborativer, dezentraler und sicherer Text-Editor, als Beispiel für local-first GTK-Anwendungen

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger*in:

Sam Andreae, Tobias Bernard, Andreas Dzialocha, Julian Sparber

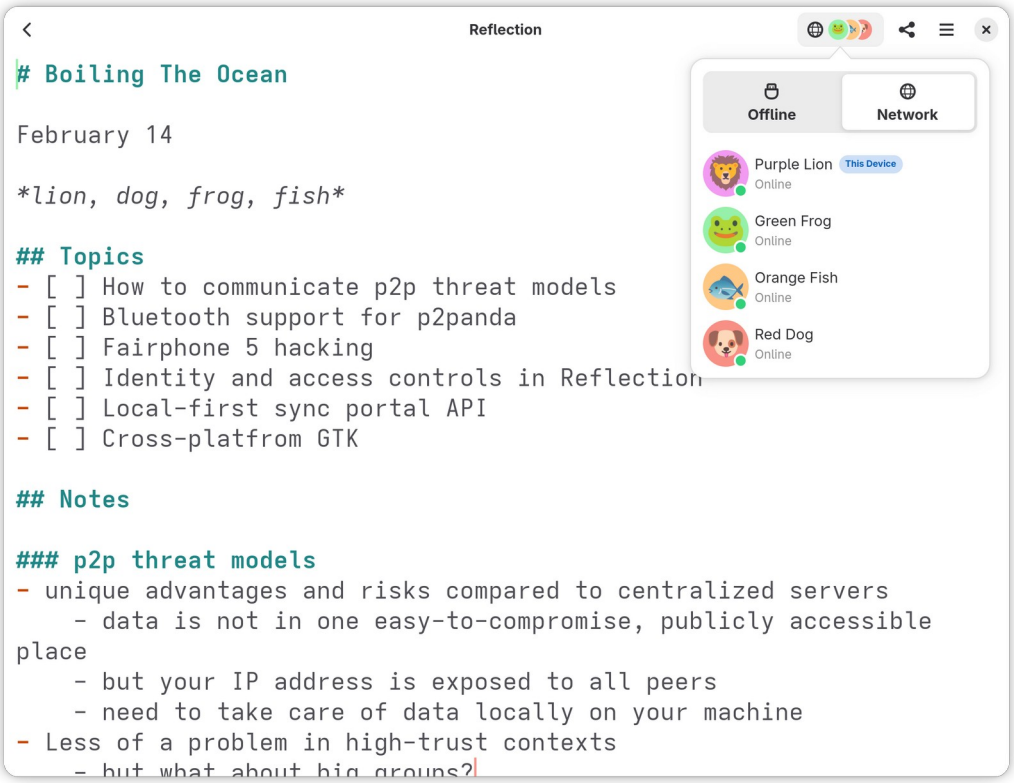
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt unter dem Förderkennzeichen 16IS25S19 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei dem*der Autor*in.

Kurze Darstellung der Aufgabenstellung und Motivation in der regulären Förderphase (Entwicklung eines Prototypen)

Da Local-First ein relativ neues Feld ist, fehlt es an echten, nutzbaren Local-First-Anwendungen, die diese Technologie einsetzen. Dieser Mangel an Anwendungen bremst die weitere Entwicklung über den gesamten Stack hinweg, denn ohne Expertenwissen ist es schwer zu erkennen, welche Probleme bereits gelöst sind und welche noch mehr Arbeit erfordern. Daher war es unser Ziel, nicht nur eine Local-First-App mit p2panda zu entwickeln, die Menschen im Alltag nutzen können, sondern auch ein größeres Ökosystem nativer GTK-Local-First-Anwendungen anzustoßen. Wenn mehr Menschen Apps entwickeln, wird dies hoffentlich zu stärkerer Beteiligung auf allen Ebenen des Stacks führen sowie zu einem Wachstum der Mitwirkenden, die das System weiter verbessern können.

Zu den wichtigsten Meilensteinen gehörten die Veröffentlichung einer nutzbaren Version der App, die Bereitstellung von GObject-

Bindings, sodass p2panda auch von Anwendungen genutzt werden kann, die nicht in der Programmiersprache Rust geschrieben sind, die Community-Arbeit mit anderen GNOME Entwickler:innen, Organisation von Veranstaltungen und die Durchführung von UX-Forschung zu neuartigen Benutzeroberflächen für Local-First-Software.



Reflection

Beitrag des Projektes zu den Zielen der Förderinitiative „Software Sprint“

Da unser Projekt darauf abzielt, grundlegende Local-First Funktionalitäten bereitzustellen, Beispiele zu schaffen und Erkenntnisse rund um ein Local-First-Ökosystem für native GTK-Anwendungen zu teilen, passt es eindeutig zum Thema „Infrastruktur“ der Förderinitiative „Software Sprint“. Wir hoffen, dass unsere Beiträge ein breiteres Verständnis fördern, Entwickler:innen-ressourcen erweitern und unterstützende Systemdienste voranbringen, die es künftig erleichtern, solche Anwendungen zu entwickeln.

Da die Verbreitung sensibler Anwendungsdaten in einem dezentralen Netzwerk neue Sicherheits- und Datenschutzrisiken mit sich bringt, ist es entscheidend, unsere Systeme sorgfältig

zu designen und potenzielle Bedrohungen klar zu kommunizieren. Dies steht in engem Einklang mit dem Thema „Sicherheit“ der „Software Sprint“-Initiative. Wir betrachten Sicherheit als integralen Bestandteil unserer laufenden Forschung und als zentrales Projektziel. Insbesondere konzentriert sich unsere Arbeit auf E2E-Verschlüsselung für Gruppen, die Reduzierung von Metadaten, die Verhinderung von Man-in-the-Middle-Angriffen, das Management von Verbindungen zu (unbekannten) Peers, die Unterstützung anonymisierender Routing-Protokolle, die Erforschung byzantine-fault tolerant Systeme sowie die Durchsetzung strenger Zugriffskontrolle.

Ausführliche Darstellung der Ergebnisse in der regulären Förderphase (Entwicklung eines Prototypen)

Während der ersten regulären Finanzierungsphase konnten wir mehrere geplante Meilensteine erreichen und mussten gleichzeitig unsere Pläne anpassen, da wir im Laufe des Projekts neue Erkenntnisse gewonnen haben. Hier ist ein Überblick:

Die geplante Arbeitsphase konzentrierte sich darauf, Reflection als zuverlässige, gut getestete, stabile, intuitive und benutzerfreundliche Anwendung zu veröffentlichen.

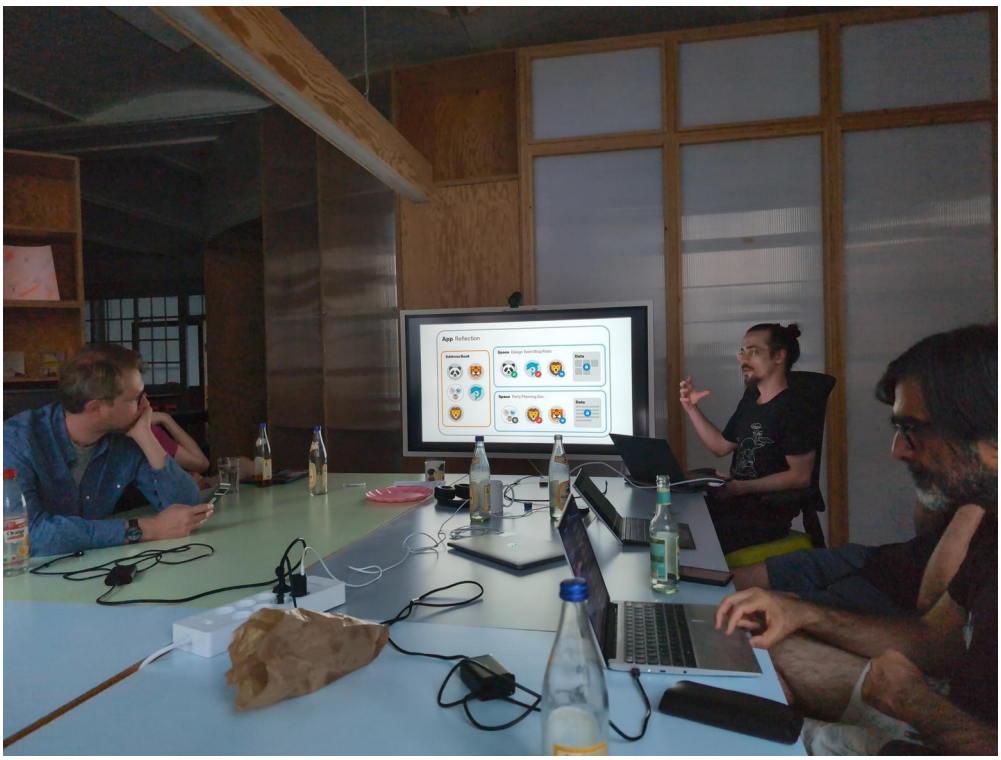
Wir nutzen Reflection inzwischen intern als tägliches Werkzeug zum Dokumentieren von Meetings. Auch Nutzer:innen im Internet haben positive Erfahrungen mit Reflection gemeldet, wobei wir den Umfang der aktuellen Nutzung noch nicht genau kennen. Während der Förderphase konnten wir viele Stabilitätsprobleme beheben und mehrere Anpassungen am Design und der Benutzeroberfläche vornehmen, um die Benutzbarkeit zu verbessern. Multi-Cursor- und Undo/Redo-Funktionen wurden implementiert.

In Phase 1 wurde deutlich, dass wir das p2panda-Netzwerkmodul (p2panda-net) früher als erwartet überarbeiten mussten. Dadurch blieb weniger Zeit als geplant, um neue Funktionen in der App selbst zu entwickeln, sodass wir uns stattdessen auf die Stabilisierung der Kernfunktionen und APIs für Drittentwickler konzentrierten. Die neue Version von p2panda-net wurde veröffentlicht, wodurch wir das Modul stabiler und zuverlässiger machten und gleichzeitig Feedback einarbeiteten und Schnittstellen verbesserten.

Als Folge konnten einige der ursprünglich geplanten Funktionen, insbesondere Dokumentenexport und Versionskontrolle, noch nicht implementiert werden. Wir haben jedoch mehrere detaillierte Wireframes für Design und UX vorbereitet, intern diskutiert und mit externen Expert:innen getestet.

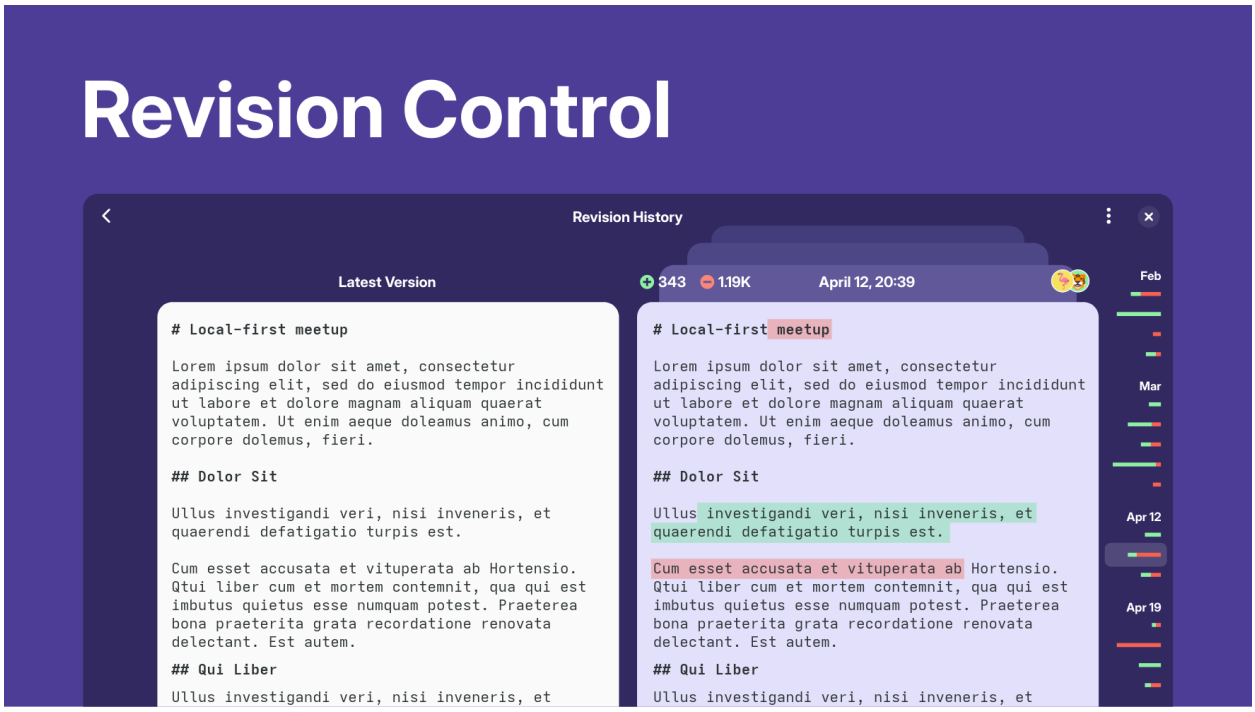
Wie geplant wurde Reflection im Dezember 2025 auf Flathub veröffentlicht, allerdings noch nicht als stabile Version, sondern als Beta. Der Grund dafür sind bevorstehende Änderungen in neuen p2panda-Versionen und im Bereich der Zugriffskontrolle, die zu Kompatibilitätsproblemen führen könnten, und wir möchten falsche Erwartungen der Nutzer:innen vermeiden.

Insbesondere haben wir gelernt, wie wichtig es ist, komplexe, dezentrale Protokolle wie p2panda eng mit Endnutzer:innen und Softwareentwickler:innen, z. B. denen, die an Reflection arbeiten, zu entwickeln. Viele Probleme lassen sich nur in der tatsächlichen Nutzung erkennen, da die Bedingungen für Local-First-Systeme noch nicht vollständig verstanden sind. Außerdem haben wir gelernt, Erwartungen und Garantien für verschiedene Teilsysteme und Funktionen klarer zu formulieren und Metriken einzuführen, um diese Aspekte messbarer und nachvollziehbarer zu machen – insbesondere um zu erkennen, wenn Teile des Programms unerwartet reagieren oder konzeptionelle Missverständnisse bestehen.



Präsentation „Zugriffskontrolle in Reflection“ in Berlin 2025

Neben dem Endprodukt Reflection haben wir erfolgreich neue High-Level-Schnittstellen in p2panda entwickelt und als GObject-Bindings implementiert. Diese Arbeit ist das Ergebnis eines Austauschprozesses zwischen Bibliotheksentwickler:innen (p2panda) und Anwendungsentwickler:innen (Reflection) und war sehr konstruktiv und aufschlussreich. Sie hat uns geholfen, Feedback zu Methoden zu sammeln und Schnittstellengarantien besser zu definieren. Wir sind zuversichtlich, dass diese Arbeit noch nicht abgeschlossen ist und dass wir in Zukunft weitere Erkenntnisse gewinnen werden.



UX/UI Skizzen zur Versionskontrolle in Reflection

Wir stehen in Kontakt mit mehreren GTK-App-Entwickler:innen, die daran interessiert sind, „Local-First“-Funktionalität mit p2panda zu integrieren. Da die GObject-Bindings jedoch erst kürzlich abgeschlossen wurden, hat noch keine andere App mit der konkreten Integration begonnen. Der Austausch war bisher sehr konstruktiv, und wir haben viel über die Erwartungen und Bedürfnisse der Entwickler:innen gelernt, was uns wiederum geholfen hat, die Prioritäten unserer Arbeit besser zu setzen.

Ingesamt haben wir drei „Boiling The Ocean“ Veranstaltungen in Berlin, ein Treffen bei der GUADEC 2025 in Brescia und zwei Präsentation beim 39C3 in Hamburg und OpenAlt Konferenz in Brno in der ersten Förderphase organisiert, wo wir über Reflection gesprochen und uns zu Local-First mit der GNOME Community ausgetauscht haben.







„Boiling The Ocean“ Veranstaltungen in der ersten Förderphase

Kurze Darstellung der Aufgabenstellung und Motivation in der Second-Stage-Förderung (Aufbau einer nachhaltigen Projektstruktur)

Wir sind uns sehr bewusst, dass aktive Beteiligung der Community entscheidend für den langfristigen Erfolg eines Open-Source-Softwareprojekts sind. Vor diesem Hintergrund war unsere Motivation während der zweiten Finanzierungsphase vierfach:

1) die Benutzerfreundlichkeit von Reflection zu erhöhen und mehr Menschen zu ermutigen, es regelmäßig zu nutzen

2) Dokumentation zu erstellen und Developer-Labs anzubieten, um Entwickler:innen das nötige Wissen zur Mitarbeit am Projekt zu vermitteln

3) Open-Source-App-Entwickler:innen zu inspirieren und mit Werkzeugen auszustatten, um eigene Local-First- und Peer-to-Peer-Anwendungen zu schreiben, und

4) einen Verein zu gründen, um unsere Bemühungen fortzuführen.

Durch das Verfassen von Dokumentationen, die Durchführung detaillierter Nutzertests und Forschung, die Organisation von Developer-Labs sowie die Gründung des Modal-Kollektivs haben wir bedeutende Schritte unternommen, um eine vielversprechende Zukunft für Reflection und das breitere Linux-Open-Source-Ökosystem zu sichern.

Ausführliche Darstellung der Ergebnisse in der Second-Stage-Förderung (Aufbau einer nachhaltigen Projektstruktur)

Unsere Erfolge in der zweiten Phase lassen sich in drei Kategorien einteilen: Community und Forschung, Implementierung und Veröffentlichung.

Im Bereich Community-Arbeit und Forschung ist es uns gelungen, GObject-Bindings zu implementieren und zu dokumentieren, die es Entwicklern von Anwendungen außerhalb von Rust ermöglichen, die Kernfunktionen von p2panda zu nutzen. Wir haben die API der Bindings vorgestellt und während der zweiten von drei Developer-Lab-Sessions, die wir im Rahmen unserer Community-Outreach-Aktivitäten veranstalteten, Entwickler-Feedback erhalten.

Die Developer-Lab-Sessions wurden online abgehalten, um auch Entwickler:innen zu erreichen, die nicht in Berlin ansässig sind. Diese Sessions stießen auf große Begeisterung und hervorragende Unterstützung seitens der GTK- und Linux-Anwendungsentwickler-Community, mit rund 30 teilnehmenden Entwickler:innen. Während der Sessions behandelten wir viele Themen, unter anderem: einen Überblick über p2panda (was es bietet) und wie es in Reflection integriert ist, eine Einführung in die neue High-Level-p2panda-API, die Struktur und Funktionalität der GObject-Bindings sowie eine tiefgehende Auseinandersetzung mit Local-First-Designüberlegungen. Außerdem nutzten wir diese Sessions, um Entwicklerfragen zu beantworten. Alles in allem waren die Developer-Lab-Sessions ein großer Erfolg und boten einen zentralen Punkt, um die Ergebnisse unserer Arbeit aus der ersten Finanzierungsphase zu konsolidieren und weiterzugeben.



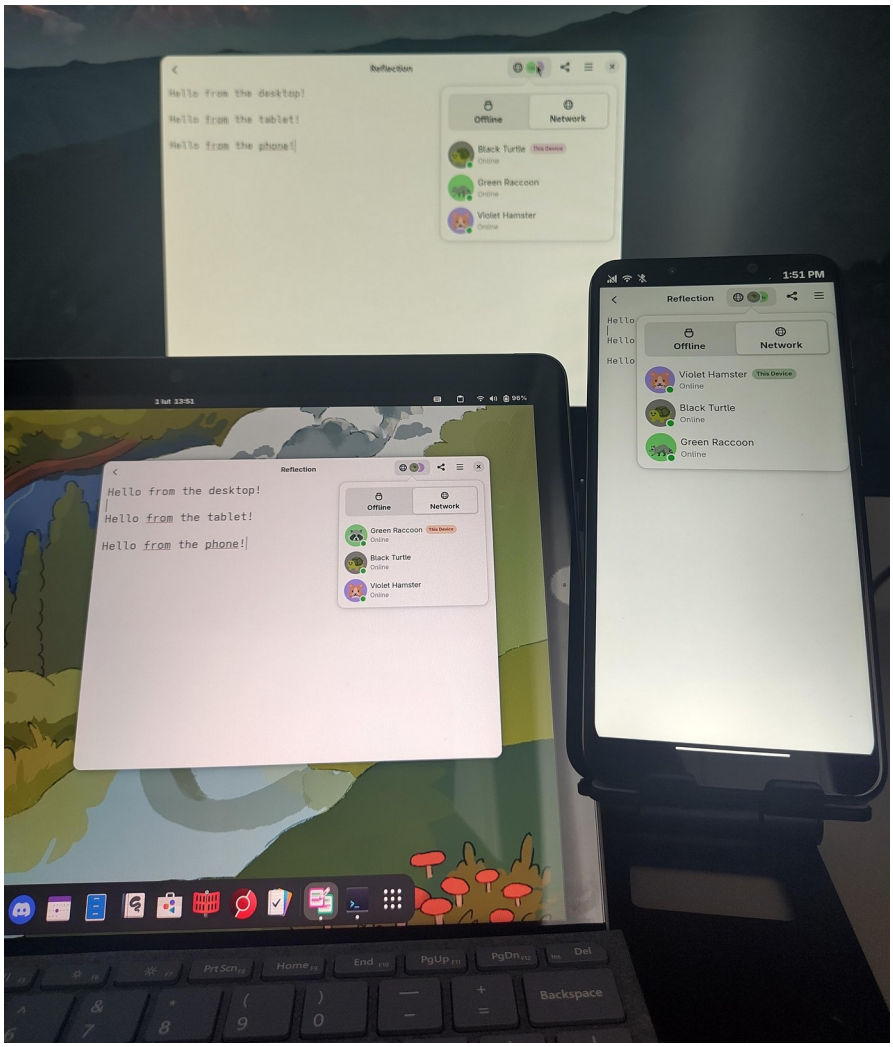
Ankündigung der Reflection Developer Labs 2/3 in 2026

Darüber hinaus gelang es uns, UI-Forschung und Nutzertests durchzuführen, insbesondere im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Boiling the Ocean“ in Berlin. Während einer dieser Treffen führte Eileen Wagner (UI/UX-Expertin) intensive Nutzertests mit verschiedenen Teilnehmer:innen durch, um zu verstehen, wie sie die Reflection-Anwendung navigieren und wahrnehmen. Diese

Erkenntnisse werden später zur Gestaltung und Integration neuer und bestehender Funktionen herangezogen.

Im Bereich der Implementierungsarbeit haben wir eine Reihe von UI- und Benutzerfreundlichkeitsverbesserungen an Reflection vorgenommen – einschließlich, aber nicht beschränkt auf, das Sortieren von Dokumenten nach ihrem zuletzt aufgerufenen Status, die Einführung eines Online-Statusindikators für Peers sowie einen überarbeiteten Navigationsfluss mit Übersichtsseite und Benutzeravatars in der Dokumentenliste.

Nach all diesen Verbesserungen an Reflection und p2panda fühlten wir uns sicher genug, um die erste Version der App im Dezember 2025 zu veröffentlichen; sie ist nun als Flatpak auf Flathub Beta einfach herunterladbar. Das Reflection-Team und viele Freunde des Projekts nutzen diese Version seit mehreren Monaten als tägliches Arbeitswerkzeug.



Reflection auf Desktop-Computer, Laptop und Smartphone (via PostmarketOS)

Weitere Arbeiten zur Etablierung einer nachhaltigen Projektstruktur umfassten die Gründung von Modal als Verein und als Unternehmergesellschaft (UG). Dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen, aber bereits weit fortgeschritten. Der erste Entwurf der Satzung wartet auf Feedback von unserem Anwalt, und wir erwarten unseren Termin beim Notar Anfang April. Die Dinge haben sich langsamer entwickelt als erwartet, da wir diese Arbeit bei Modal neben anderen Personen mit Vollzeitjobs durchführen. Nach sorgfältiger Abwägung haben wir die passende Rechtsform gewählt, die den Bedürfnissen und Werten des Modal-Kollektivs entspricht; dieser Teil des Entscheidungsprozesses erforderte einen erheblichen Zeitaufwand, aber wir sind sehr zufrieden mit der daraus resultierenden Lösung.



Gründung des Modal Kollektives für „Emancipatory Computing“ mit Reflection als Prototyp für ein Ökosystem von Programmen für offene Betriebssysteme

Zielgruppe, Nutzen und mögliche Weiterentwicklungen

Community-Engagement war ein zentraler Bestandteil des Reflection-Projekts. Wir haben auf unsere Beziehungen in den Linux-, Peer-to-Peer- und Open-Source-Communities zurückgegriffen, um mit Systementwickler:innen, Anwendungsentwickler:innen, Designer:innen, Nutzer:innen und UI/UX-Expert:innen in Kontakt zu treten. Dieses Engagement fand sowohl persönlich, in Form mehrerer „Boiling the Ocean“-Veranstaltungen in Berlin, als auch online statt, in Form von zwei Developer-Lab-Sessions (mit einer weiteren im April), Blogbeiträgen und Gesprächen im Fediverse.

Das Reflection-Projekt hat GTK-Entwickler:innen unterstützt, indem es eine gut organisierte und dokumentierte Codebasis bereitstellt, die die Nutzung von p2panda auf idiomatische Weise demonstriert. Neben der Bereitstellung einer Vorlage, die die Arbeit zukünftiger Entwickler:innen inspirieren soll, veranschaulicht Reflection viele der Kernkonzepte, die für die Implementierung von Local-First-Software in dezentraler Form erforderlich sind. Die Developer-Lab-Sessions haben dieses Wissen an unser Zielpublikum weitergegeben; tatsächlich beinhaltete das zweite Lab einen zweistündigen Durchgang durch Local-First-Designüberlegungen und Beispielanwendungsintegrationen. Der Übergang von zentralisierten, serverdominierten Systemen zu einem dezentralen, Local-First-Ansatz erfordert einen Paradigmenwechsel; wir sind fest davon überzeugt, dass unsere Arbeit im Rahmen des Reflection-Projekts viele Samen gesät hat, die unsere Community langfristig stärken werden.



Präsentation im „Open Local First“ Raum mit Andreas und Tobias über Modal, Reflection und p2panda, FOSDEM 26, Brüssel

Neben Softwareentwickler:innen haben uns viele Nutzer:innen berichtet, dass sie Reflection täglich als Notizanwendung

verwenden (sowohl im persönlichen als auch im Gruppen-Kontext). Dieses Feedback motiviert uns, das Projekt in den kommenden Monaten weiter auszubauen. Ganz oben auf unserer Agenda steht der Wunsch, Community-Mitglieder zu befähigen und zu ermutigen, sich aktiv an Reflection zu beteiligen – sowohl durch Code als auch durch Dokumentation. Dies ist entscheidend, wenn wir Nachhaltigkeit und ein Gefühl kollektiver Verantwortung langfristig erreichen wollen. Zu den konkreten Funktionen, die wir implementieren möchten, gehören unter anderem: feinere Zugriffskontrollen, Dokumentenimport/-export und detaillierte Netzwerkmetriken.

Die Arbeit an Reflection hat unsere persönliche und berufliche Entwicklung maßgeblich unterstützt. Unser Fokus auf Community-Engagement und Beteiligung hat uns viele neue Beziehungen ermöglicht und uns die Gelegenheit gegeben, sogenannte „Soft Skills“ zu üben, die in der Welt der Open-Source-Softwareentwicklung oft unterschätzt werden. Wir sind durch das Projekt als Ingenieur:innen, Kommunikator:innen und Teammitglieder gewachsen.

Kurze Darstellung der Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Wir haben uns eingangs dafür entschieden, eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung (E2EE) in Reflection zu integrieren, basierend auf der Arbeit von p2pandas Gruppen-Verschlüsselung- und Group-Management-Lösung, p2panda-spaces. Da wir bereits direkte, vertrauliche Peer-to-Peer-Verbindungen verwalten – authentifiziert und verschlüsselt über TLS 1.3 unter Verwendung der Identität eines Peers (Ed25519-Public-Key) mit p2panda-net – können wir sicherstellen, dass Reflection-Daten nur an Peers übertragen werden, die zur Nutzung autorisiert sind. Dies war einer der Gründe, warum wir die E2EE-Integration zu diesem Zeitpunkt nicht weiterverfolgt haben, da die Daten bereits innerhalb eines Netzwerks direkt verbundener Gruppenmitglieder geschützt waren.

Gruppenverschlüsselung wird besonders relevant in Szenarien, in denen Reflection-Daten über Zwischeninstanzen weitergeleitet werden müssen, die keine autorisierten Mitglieder der Gruppe sind und daher die Textdokumente nicht lesen dürfen. Wir bezeichnen diese Teilnehmer als „Support Nodes“. Hierzu planen wir, Gruppen-Verschlüsselung von p2panda zu nutzen, um

sicherzustellen, dass die Daten Ende-zu-Ende verschlüsselt bleiben, selbst wenn sie vorübergehend auf diesen Support Nodes gespeichert werden. Support Nodes sind typischerweise „mehr online“ als reguläre Peers und bieten den Vorteil, dass Dokumentmitglieder den aktuellen Stand abrufen können, auch wenn alle anderen Peers offline sind, wodurch Verfügbarkeit und User Experience insgesamt verbessert werden. Da Support Nodes nicht im Umfang dieses Projekts enthalten waren, haben wir diese Arbeit nicht weiter verfolgt, identifizierten sie jedoch als eine kritische Anforderung für die Zukunft.

Kurze Angabe von Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer*innen

- Reflection Source-Code: https://github.com/p2panda/reflection
- p2panda Gobject bindings Source-Code: https://github.com/p2panda/p2panda-gobject
- Dokumentation p2panda Gobject bindings: https://p2panda.github.io/p2panda-gobject/
- Winter Update Blog Post: https://modal.cx/blog/reflection-winter-update/
- Modal Website: https://modal.cx/
- Präsentation Modal, p2panda, Reflection @ FOSDEM 26: https://fosdem.org/2026/schedule/event/MCVBNK-p2panda-modal-reflection
- Präsentation p2panda @ OpenAlt 25: https://www.youtube.com/watch?v=Gmj6vSvYHds
- p2panda Source-Code: https://github.com/p2panda/p2panda

Kurze Erläuterung zur Einhaltung der Arbeits- und Kostenplanung

Während Phase 1 wurde uns klar, dass wir das p2panda-Netzwerkmodul (p2panda-net) früher als erwartet überarbeiten mussten. Dadurch blieb weniger Zeit als geplant für die Entwicklung neuer Funktionen in der App selbst, weshalb wir uns stattdessen auf die Stabilität der Kernfunktionen und die APIs für Drittentwickler:innen konzentrierten.

Aus diesem Grund konnten wir einige der ursprünglich geplanten Funktionen noch nicht implementieren, insbesondere den

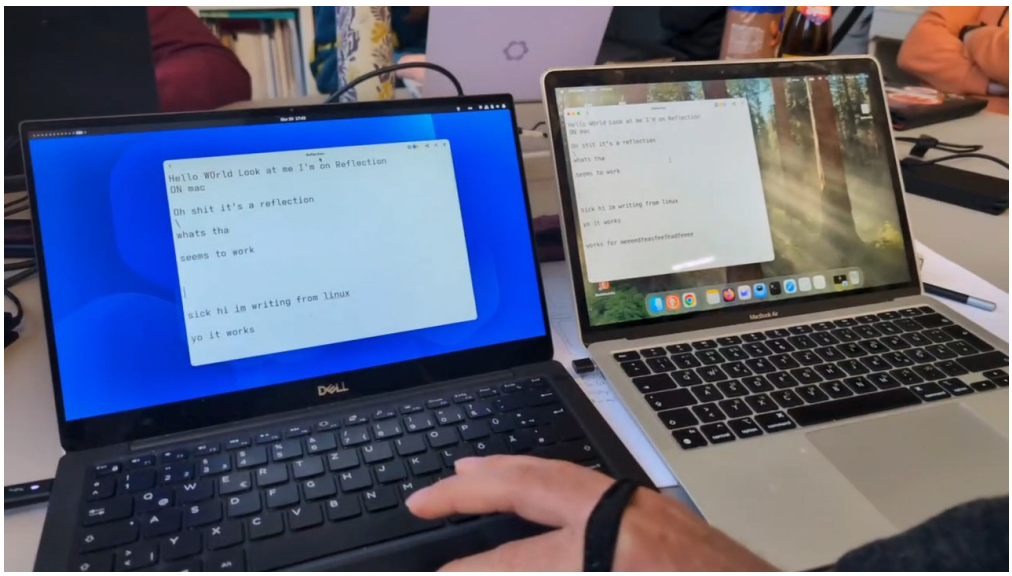
Dokumentenexport und die Versionskontrolle. Wir haben jedoch mehrere detaillierte Wireframes für Design und UX vorbereitet, intern diskutiert und mit externen Expert:innen getestet. Bisher haben wir außerdem nur eine experimentelle Integration („Proof of Concept“) von p2pandas Lösungen für Zugriffskontrolle (p2panda-auth) und Ende-zu-Ende-Verschlüsselung (p2panda-encryption) in Reflection umgesetzt.

Wir haben nicht so viele Blogbeiträge und Tutorials schreiben können, wie wir uns erhofft hatten, da wir unerwartet viel Zeit damit verbracht haben, Vorträge für Veranstaltungen vorzubereiten – sowohl vor Ort als auch online – (wir haben über unsere Arbeit auf dem 39C3, FOSDEM, OpenAlt, bei mehreren „Boiling The Ocean“-Events und in zwei Developer-Lab-Sessions gesprochen, wobei im April noch eine letzte Developer-Lab-Session folgen wird).

Kurze Darstellung von etwaigen Ergebnissen bei anderen Stellen

Wir führten Design-Diskussionen zum Thema Identität in Peer-to-Peer-Systemen mit Cade Diehm vom New Design Congress (und dem neu gegründeten Modal-Kollektiv). Diese Gespräche haben uns von der Bedeutung überzeugt, Petname-Identifikationssysteme für Reflection und zukünftige Anwendungen sorgfältig zu berücksichtigen.

Die UX-Designerin Eileen Wagner von Tonk ist seit Beginn ein Unterstützerin des Reflection-Projekts. Ihr Input hat unseren Ansatz für UI/UX-Design geleitet und dazu geführt, dass wir die Unterstützung von MacOS in Reflection in Betracht ziehen. Außerdem leitete sie während „Boiling the Ocean 9“ Nutzertests mit mehreren Teilnehmer:innen.



Erste MacOS Experimente (rechts)

Schließlich hat unser Engagement in der GNOME-Community dazu beigetragen, Reflection zu gestalten, und dazu geführt, dass wir die Entwicklung hochverfügbarer Support-Nodes für zukünftige Arbeiten priorisiert haben.