



# KI-gestütztes **Anlagenmanagement** für **Biogasanlagen**

Lokale KI. Föderiertes Lernen. Maximale Datensicherheit.  
Ein System, das Ihre Anlage wirklich kennt.

Predictive Maintenance · BHKW-Analyse · Wärmenetz-  
Optimierung

Fütterungssteuerung · Kostenrechnung · iOS App

**Vier vernetzte KI-Rechner. Ein intelligentes System.**

Moderne Biogasanlagen erzeugen enorme Datenmengen: BHKW-Motoren liefern im Viertelminuten-Takt Messwerte, SPS-Steuerungen protokollieren tausende Sensordaten, Wärmenetze und Gasspeicher müssen in Echtzeit gesteuert werden. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Flexibilität, Wirtschaftlichkeit und Nachweispflichten.

## Die Herausforderung

### Datenflut ohne Durchblick

CSV-Dateien mit hunderttausenden Datensätzen. Kein Mensch kann diese Menge sinnvoll auswerten. Relevante Abweichungen gehen im Rauschen unter.

### Verschleiß kommt schleichend

Ein BHKW-Motor zeigt Probleme nicht plötzlich. Ölverbrauch steigt langsam, Temperaturen verschieben sich minimal. Wenn es auffällt, ist der Schaden oft schon da.

### Wissen im Kopf statt im System

Erfahrene Mitarbeiter erkennen Probleme aus Bauchgefühl. Aber dieses Wissen ist nicht dokumentiert, nicht übertragbar und geht mit dem Mitarbeiter.

### Starre Systeme, neue Anforderungen

Flex-Fahrweise, Redispatch, Wetterdaten-Integration, Strompreis-Optimierung - klassische SCADA-Systeme wurden dafür nicht gebaut.

## Unsere Vision: Die Anlage, die sich selbst kennt

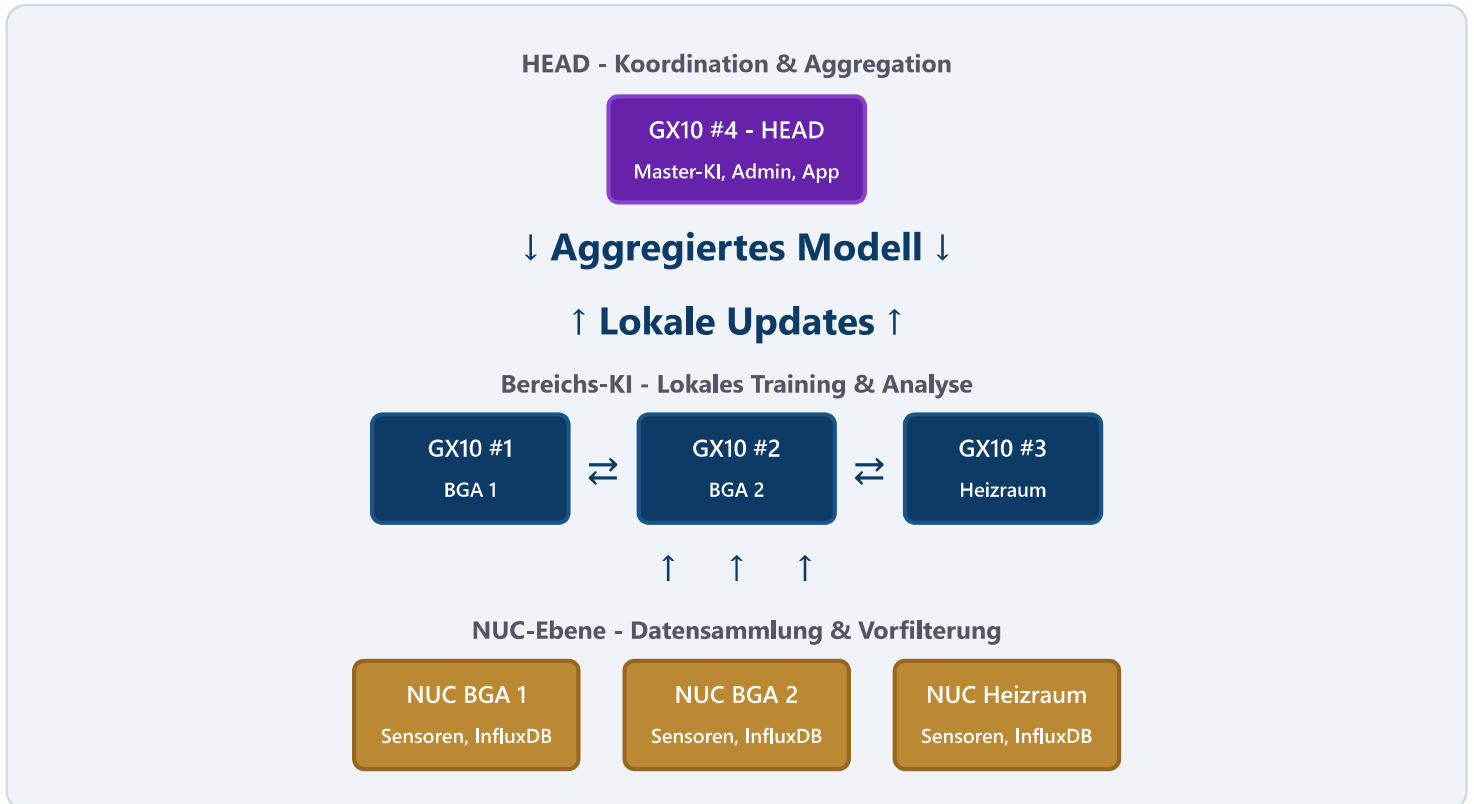
Unser System ersetzt keine Mitarbeiter - es macht sie besser. Es übernimmt die Aufgaben, die ein Mensch nicht leisten kann: 24/7 alle Messwerte gegen Korridore prüfen, Muster über Monate erkennen, tausende Datenpunkte zu einer klaren Aussage verdichten. Der Anlagenfahrer fragt: "Wie schaut's aus?" und bekommt eine echte Antwort - in Sekunden, nicht nach Stunden der Tabellenauswertung.

**Das Ergebnis:** Früherkennung statt Feuerwehr. Optimierung statt Bauchgefühl. Nachweisbarkeit statt Hoffnung. Und das alles ohne dass Ihre sensiblen Betriebsdaten das Haus verlassen.

Das Herzstück unseres Systems ist eine Architektur, die in der Industrie einzigartig ist: **Vier GX10 KI-Rechner**, die jeweils ein eigenes Sprachmodell (LLM) betreiben und durch föderiertes Lernen zusammenarbeiten.

## Was ist föderiertes Lernen?

Beim föderierten Lernen trainiert jeder GX10 sein eigenes KI-Modell lokal mit den Daten seines Bereichs. Statt alle Rohdaten an einen zentralen Server zu schicken, tauschen die Geräte nur ihre **Lern-Ergebnisse** (Modell-Updates) untereinander aus. Jeder GX10 wird dadurch klüger - ohne dass Rohdaten den jeweiligen Bereich verlassen.



## Warum föderiertes Lernen entscheidend ist

### Maximaler Datenschutz

Rohdaten verlassen nie den jeweiligen Bereich. Nur abstrakte Modell-Updates werden geteilt. Kein zentraler Datentopf, kein Angriffspunkt.

### Spezialisierung + Gesamtbild

Jeder GX10 ist Experte für seinen Bereich. Gleichzeitig profitieren alle von den Erkenntnissen der anderen - z.B. erkennt der Heizraum-GX10 Muster, die mit der Gasproduktion der BGA zusammenhängen.

### Ausfallsicherheit

Fällt ein GX10 aus, arbeiten die anderen weiter. Trainingsdaten und Modelle sind repliziert. Kein Single-Point-of-Failure. Kein Datenverlust.

### Skalierbarkeit

Neue Anlagenbereiche oder Standorte? Einfach einen weiteren GX10 hinzufügen. Er lernt von den bestehenden Modellen und spezialisiert sich dann auf seinen Bereich.

**In der Praxis:** GX10 #1 erkennt, dass ein bestimmtes Verschleißmuster bei Motor 1 aufgetreten ist. Dieses Muster wird (als abstrahiertes Modell-Update) an GX10 #2 weitergegeben. Wenn Motor 2 dasselbe Muster zeigt, wird er Wochen früher gewarnt - weil das System bereits gelernt hat, worauf es achten muss.

## BHKW-Analyse & Roter Bereich

Jeder Messpunkt vom Energieerzeuger bis zum Gasgebläse wird gegen Korridore geprüft. Ampelsystem: Grün/Gelb/Rot. Sofort-Alarm bei kritischen Abweichungen. Überwacht: Motor-Mechanik, Kühlkreislauf, Schmierung, Gemischaufbereitung, Turbolader, Abgas, Filter, Generator.

## Predictive Maintenance

KI-basierte Verschleißerkennung. Das System lernt normale Verschleißraten und erkennt Abweichungen Wochen vor einem Ausfall. Wartungsempfehlungen werden automatisch generiert. Verknüpfung mit Wartungshistorie.

## Gasqualität & Feuchtemessung

Feuchtigkeitsmessung vor und nach Aktivkohlefilter. Differenzmessung für Filterzustand. Methangehalt-Überwachung. Gasanstiegsmessung nach Additiv-Zugabe.

## Wärmenetz-Analyse

Speicher-Management mit Füllstandsüberwachung. 3-Tage-Wettervorhersage für proaktive Steuerung. Strompreis-Optimierung. BHKW-Fahrweise intelligent steuern. Wärmestau vermeiden.

## Fütterungssteuerung & Substratechner

Optimierung des Substratmix. Flexible Fütterung für Gasproduktionsspitzen. Metallsalz-Steuerung. Stillstand-Management. Automatische Empfehlungen was, wann, wie viel.

## Flexrechner & Fahrplan

Wann BHKW fahren für maximalen Erlös? Integration Strompreis + Wärmebedarf + Speicherfüllstand + Wetterdaten. Automatische Fahrplanempfehlung.

## Kostenrechnung & Profitabilität

Einkaufs- und Absatzseite abbilden. Tägliche Ertragssituation. Prozesskontrolle auf Artstimmigkeit. Substratkosten-Tracking.

## Wartungsprotokoll-System

Wer hat was, wann, wie gewartet? Fotodokumentation. Automatische Verknüpfung mit Betriebsdaten. Versicherungskonforme Nachweisführung.

## RAG & Plausibilitätsprüfung

Lokale Dokumentenablage (Gutachten, Anträge, Berichte). Automatische Plausibilitätsprüfung gegen Betriebsdaten. OCR für Papierdokumente. E-Mail-Import.

## Redispatch & PV/Wind

Messkonzept-Integration. Strombilanzen. Redispatch-Verarbeitung. Übergabestellen-Bilanzierung. Einbindung erneuerbarer Erzeuger.

## iOS App & Tablet

Die Bedienung erfolgt über eine native iOS App und ein Tablet vor Ort. Statt komplexer SCADA-Oberflächen bieten wir eine intuitive, Chat-basierte Interaktion:

### Chat-Interface

Natürlichsprachliche Abfragen auf Deutsch. "Wo habe ich Alarme?" "Wie ist die Gasqualität?" "Was empfehlst du für morgen?" Die KI antwortet mit konkreten, datenbasierten Aussagen.

### Schnellzugriff-Buttons

Vordefinierte Fragen für die häufigsten Abfragen. Ein Fingertipp genügt für die fertige Analyse - kein Tippen nötig.

### Dashboards mit Ampelsystem

Übersicht aller Anlagenbereiche auf einen Blick. Grün = alles OK. Gelb = Aufmerksamkeit. Rot = sofortige Aktion erforderlich.

### Push-Alarme

Sofortige Benachrichtigung bei kritischen Zuständen. Direkt auf dem Smartphone, auch unterwegs.

## Admin-System & Individualisierung

Jede Anlage hat ihre eigene Organisationsstruktur. Unser System bildet das ab:

- **Individuelle Ansichten:** Jeder Nutzer sieht genau das, was für ihn relevant ist - in der Größe und Darstellung, die der Admin festlegt
- **Rollenbasierte Admins:** Hauptverantwortliche für Baugruppen verwalten ihre Bereiche selbst
- **Anpassbar:** Der Admin vor Ort bestimmt, was seine Mitarbeiter sehen und gibt Ansichten weiter
- **Skalierbar:** Beliebig viele Nutzer, beliebig viele Ansichten

## Datenschutz & Sicherheit

**100% lokal - Keine Cloud, kein Kompromiss.** Alle Daten bleiben auf den eigenen Geräten. Kein Internet erforderlich für den Betrieb. Dokumente im RAG-System werden lokal verarbeitet. Optionale Backups auf eigene Server (z.B. Wortmann Fortress). Kein Drittanbieter hat Zugriff auf Betriebsdaten.

Durch die föderierte Architektur sind Daten sogar innerhalb des Systems getrennt: Die Rohdaten von BGA 1 bleiben auf NUC/GX10 von BGA 1. Nur abstrahierte Modell-Updates werden geteilt. Das bedeutet maximalen Schutz auch bei physischem Zugriff auf einzelne Geräte.

## Schnittstellen

Schnittstelle	Protokoll	Beschreibung
SPS / Steuerung	Modbus / OPC-UA / S7	Sensordaten, Messwerte
BHKW-Motorsteuerung	CSV / Proprietär	Betriebsdaten, Langzeitarchivierung
Zeitreihen-DB	InfluxDB API	Stromdaten, historische Daten
Wetterdienst	REST API	3-Tage-Vorhersage
Dokumente	PDF / OCR / E-Mail	Gutachten, Berichte, Logbuch
App / Tablet	REST / WebSocket	UI, Chat, Dashboards

## Wirtschaftlicher Nutzen

### Schadensvermeidung

Ein ungeplanter BHKW-Motorschaden kostet bis zu 550.000 EUR. Predictive Maintenance erkennt Probleme Wochen vorher. Bereits ein vermiedener Schaden finanziert das gesamte System.

### Substrat-Optimierung

Bei typischen Substratkosten von 400.000 EUR/Jahr bringt 1-2% Optimierung durch KI-Fütterungssteuerung 10.000-50.000 EUR/Jahr Einsparung - dauerhaft.

### Flex-Erlöse

Ca. 1/3 des Jahres lohnt sich flexibler BHKW-Betrieb. Der Flexrechner maximiert Stromerlöse durch optimales Timing. Ohne technische Unterstützung nicht realisierbar.

### Versicherung & Nachweise

Automatische Wartungsdokumentation für die Maschinenbuchversicherung. Im Schadensfall entscheidet die Nachweislage über die Regulierung.

Das System amortisiert sich typischerweise innerhalb von **18-24 Monaten**. Die Einsparungen wachsen mit der Lernzeit der KI - je länger das System läuft, desto präziser werden Vorhersagen und Empfehlungen.

## Vergleich: Unser System vs. Markt-Alternativen

Eigenschaft	Cloud-SCADA	Lokale SCADA	Unser System
Daten-Hoheit	Cloud	Lokal	Lokal + föderiert
KI / Pred. Maintenance	Nein	Nein	Kern-Feature
Föderiertes Lernen	Nein	Nein	4 vernetzte LLMs
Chat-Interface (deutsch)	Nein	Nein	Natürliche Sprache
Lernt die spezifische Anlage	Generisch	Generisch	Individuell trainiert
Offline-fähig	Nein	Ja	Ja + ausfallsicher
Ausfallsicherheit	Anbieter	Single Server	4x repliziert
Dokumenten-Prüfung	Nein	Nein	RAG + Plausibilität
Native iOS App	Web only	Nein	Native + Tablet
Flex/Substratrechner	Nein	Nein	Integriert

## Einführung

Das System wird schrittweise eingeführt. Die KI benötigt eine initiale **Lernphase von ca. 2 Monaten**, in der sie die normalen Betriebskorridore der jeweiligen Anlage lernt. Danach werden Module nach Priorität zugeschaltet. Die gesamte Einführung dauert typischerweise 10 Monate bis zum Vollbetrieb, mit nutzbaren Ergebnissen ab dem ersten Tag.

**Zusammengefasst:** Vier KI-Rechner, die durch föderiertes Lernen zusammenarbeiten. Maximaler Datenschutz durch lokale Verarbeitung. Eine Bedienung so einfach wie ein Chat. Und ein System, das mit jeder Betriebsstunde klüger wird - ausschließlich mit den Daten der eigenen Anlage.