Sonderpublikation des Instituts für Stadt- und Regionalplanung der Technischen Universität Berlin

Angela Million, Grit Bürgow, Anja Steglich (Hrsg.)

# ROOF WATER-FARM: Handlungsempfehlungen

## Hygienische Aspekte des Wasser- und Nährstoffrecyclings bei gebäudeintegrierter Farmwirtschaft



Angela Million, Grit Bürgow, Anja Steglich (Hrsg.)

# ROOF WATER-FARM: Handlungsempfehlungen
# Hygienische Aspekte des Wasser- und Nährstoffrecyclings bei gebäudeintegrierter Farmwirtschaft

Autor*innen:
Wolf Raber, Erwin Nolde, Ilka Gehrke, Wolfgang Dott, Janine Dinske

Sonderpublikation des Instituts für Stadt- und Regionalplanung
der Technischen Universität Berlin

Hrsg.: Technische Universität Berlin, Fakultät VI: Planen Bauen Umwelt,
Institut für Stadt- und Regionalplanung

PARTNER

FACHGEBIET **STÄDTEBAU UND SIEDLUNGSWESEN**
INSTITUT FÜR STADT- UND REGIONALPLANUNG | TU BERLIN

TERRA URBANA
Umlandentwicklungs GmbH

Fraunhofer
UMSICHT

Nolde & Partner
innovative Wasserkonzepte

Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Umwelt

be Berlin

kubus

inter3
Institut für Ressourcenmanagement

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement
INIS

www.roofwaterfarm.com

Sonderpublikation des Instituts für Stadt- und Regionalplanung der
Technischen Universität Berlin

# ROOF WATER-FARM: Handlungsempfehlungen Hygienische Aspekte des Wasser- und Nährstoffrecyclings bei gebäudeintegrierter Farmwirtschaft

Angela Million, Grit Bürgow, Anja Steglich (Hrsg.)

Autor*innen:
Wolf Raber, Erwin Nolde, Ilka Gehrke, Wolfgang Dott, Janine Dinske

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de/ abrufbar.

Die vorliegende Publikation ist ein aktualisierter Auszug zum Thema Hygiene aus dem 2018 publizierten Handbuch ROOF WATER-FARM: Urbanes Wasser für urbane Landwirtschaft und wurde mit freundlicher Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung realisiert.
ISBN 978-3-7983-2986-7 (print)
ISBN 978-3-7983-2987-4 (online)

Diese Veröffentlichung – ausgenommen Zitate und alle Abbildungen Dritter –
ist unter der CC-Lizenz CC BY 4.0 International lizenziert.
Lizenzvertrag: Creative Commons International 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

**Redaktion**
Grit Bürgow, Gisela Prystav

**Autor*innen**
Wolf Raber, Erwin Nolde, Ilka Gehrke, Wolfgang Dott, Janine Dinske

**Layout & Satz**
Jürgen Höfler, Tobias Birkefeld, Katrin Bozeniec-Jelowicki, Julian Kaiser

**Koordination & Umschlaggestaltung**
Lara Stöhlmacher
Publikationsstelle
Institut für Stadt- und Regionalplanung
E-Mail: publikationen@isr.tu-berlin.de

**Titelbild**
Marc Brinkmeier, RWF, das Foto ist urheberrechtlich geschützt.

Online veröffentlicht auf dem institutionellen Repositorium
der Technischen Universität Berlin:
DOI 10.14279/depositonce-9750
http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-9750

ROOF
WATER
FARM


1 | Einleitung 10

2 | Empfehlungen für Planung und Betrieb der Anlagen 12

Grauwasserrecycling 13
Regenwassernutzung 14
Schwarzwassernutzung 15
Aquaponik und Hydroponik in Produktionsgewächshäusern 15

3 | Empfehlungen zur Überwachung der Lebensmittelsicherheit 18

Vorsorgende Gefahrenabwehr in der Lebensmittelproduktion 19
Überwachung der Qualität von Betriebswasser und Produkten 20

Anhang 24

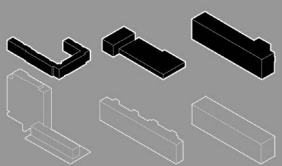
4 | Literaturverzeichnis/ Weiterführende Literatur 26

5 | Anlagen 30

Glossar 30
ROOF WATER-FARM Projektpartner*innen und Kooperationspartner*innen 32
Mikrobiologische Qualitätskriterien 34







# Sonderpublikation – Hygiene

## ABOUT – Einführung

Grit Bürgow, Gisela Prystav, Anja Steglich, Angela Million

Bestandteil der Entwicklung von technischen Neuerungen ist auch ihre praktische Umsetzung und Verbreitung sowie die langfristige Sicherung von Qualitäten in Bezug auf Prozesse und Produkte. Die hier als Sonderpublikation veröffentlichten Handlungsempfehlungen sind eine Ergänzung zu dem im ROOF WATER-FARM Handbuch 2018 publizierten Kenntnisstand zu Einrichtung und hygienisch-sicherem Betrieb von kombinierten Wasserrecycling- und Farmsystemen.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsprojekt ROOF WATER-FARM untersuchte erstmalig wie sich Leichtbaufarmtechnologien (hier: Aquaponik und Hydroponik) mit dezentralen Technologien zur Betriebswassernutzung und Düngemittelproduktion aus häuslichen Abwasserströmen im und am Gebäude kombinieren lassen. Die Vision des Projektes lässt sich ganz konkret illustrieren: Frischer Fisch und frisches Gemüse direkt vom Dach, produziert mit aufbereitetem Wasser und Ressourcen aus dem Gebäude!

Die hier zur Umsetzung dieser Vision veröffentlichten Handlungsempfehlungen sollen es ermöglichen, das hygienische Qualitätsmanagement der innovativen ROOF WATER-FARM Infrastrukturen zu gewährleisten. Erst ein umfassend realisiertes Monitoring belegt und garantiert die Verkehrstauglichkeit und Qualität der Produkte. Dessen nachvollziehbare Gewährleistung ist eine unabdingbare, genehmigungsrelevante Voraussetzung für eine breite Anwendung dieser kombinierten Kreislauftechnologien und eine erfolgreiche Vermarktung ihrer Produkte.

Aktuelle Herausforderungen zukunftsfähiger Stadtgestaltung betonen darüber hinaus die vielfältigen Leistungen dieser Technologien: Die Umsetzung von klimawirksamen und produktiven Infrastrukturen im Stadtquartier, die Abwasser- oder auch Abwärmeströme nutzen, ermöglicht Ressourceneffizienz, Resilienz und Teilhabe an urbaner Transformation. Das Ziel der Sonderpublikation ist es daher, die für diese Transformation notwendigen Diskurse zwischen Expert*innen und weiteren beteiligten Akteur*innen voranzutreiben. Konkrete Visionen und transparente sowie verlässliche Regelungen und Abläufe sind unerlässlich, um innovative Technologien der Wasseraufbereitung und Nahrungsmittelproduktion als gestalterische Bausteine der Urbanen Transformation in die breite gesellschaftliche Anwendung zu bringen.

# 1 | Einleitung

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojektes ROOF WATER-FARM (RWF) – „Sektor-übergreifende Wasserressourcennutzung durch gebäudeintegrierte Farmwirtschaft“ wurden zwischen 2014 und 2017 in einer Forschungsanlage in Berlin-Kreuzberg Fische und Pflanzen mit Betriebswasser versorgt [1]. In dem Forschungsvorhaben wurden vier Kombinationen von Wasser- und Nährstoffquellen sowie Produktionssystemen als Varianten untersucht (siehe Abbildung 1). Betriebswasser wurde aus aufbereitetem Grauwasser (aus Badewanne, Dusche, Waschbecken, Waschmaschine und Küche) gewonnen und in Variante I für die Aquaponik (gekoppelte Fisch- und Pflanzenproduktion) sowie in Variante II zur Bewässerung der Hydroponik (Pflanzenproduktion) eingesetzt. Schwarzwasser (WC-Abwasser) wurde für Variante II und IV als Flüssigdünger für die Hydroponik aufbereitet. Die alternative Verwendung von Regenwasser als Bewässerungswasser in der Aqua- und Hydroponik in Variante III und IV wurde lediglich theoretisch betrachtet, da hier bereits ausreichend Erfahrungen aus der Praxis vorliegen. [Begriffsbestimmung siehe Glossar im Anhang]. Bei allen untersuchten Prozessvarianten wurden Lebensmittel im geschlossenen System ohne Bodenkontakt produziert.

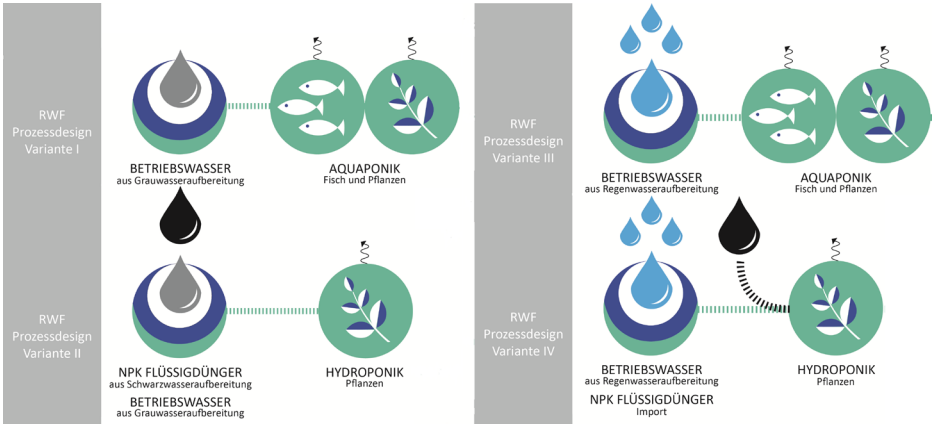



Abb. 1:
Vier Varianten von ROOF WATER-FARM

Quelle:
www.roofwaterfarm.com

Neben technischen Entwicklungen und experimentellen Untersuchungen war eine Forschungsfrage des Projektes, welche Rahmenbedingungen und Hemmnisse für eine praktische Umsetzung der ROOF WATER-FARM Konzepte in relevanten Sektoren bestehen. Bei der entsprechenden Analyse konnte der Handlungsbedarf für die Anpassung der Farmtechnologie und der Produktvermarktung, bei dem Design der Wassertechnologie und der Einbettung in die kommunale Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sowie in der konkreten Ausgestaltung der Gebäudeinfrastruktur identifiziert

* Zur besseren Lesbarkeit wird hier und im folgenden nur die männliche Form genannt, die jedoch die weiblich Form stets miteinschließt.

werden. Darüber hinaus wurden genehmigungsrechtliche Aspekte für Installation und Betrieb einer ROOF WATER-FARM am Beispiel von Berlin identifiziert und offene Fragen adressiert.

Für die Gestaltung von Sammlung und Versorgung der alternativen Wasserquellen (Regenwasser, Grauwasser, Schwarzwasser, Betriebswasser) ergeben sich Anforderungen an Planer*innen aus DIN-Normen (z.B. DIN 1988-200 [2] und DIN 1986-100 [3]) und der örtlichen Bauordnung. Für die dezentrale Wasseraufbereitung müssen neben imissionsrechtlichen Aspekten (u.a. BImSChG [4]) die Abwasserverordnung [5] und das örtliche Wassergesetz sowie anlagenspezifische Normen (wie die DIN 1989 [6] für Regenwassernutzungsanlagen) beachtet werden. Weiterhin ist erforderlich, dass Bedingungen der kommunalen Wasserversorger (Allgemeine Bedingungen für die Entwässerung und Anschluss- und Benutzungszwang) sowie der Wasserbehörde (u.a. örtliches Wassergesetz und Wasserhaushaltsgesetz [7]) berücksichtigt werden. Für den Bau und Betrieb von Dachgewächshäusern gelten Anforderungen der Stadtplanung aus dem Baugesetzbuch [8], Baunutzungsverordnung [9] und der örtlichen Bauordnung sowie zusätzliche Planungsanforderungen aus der DIN EN 13031 [10], der Energieeinsparverordnung [11] und dem Imissionsschutzrecht (u. a. [4]).

Die erörterten Anforderungen sind aufwändig, aber für gewillte Planer*innen und Investor* innen mit Pioniergeist durchaus machbar. Die bei weitem größten genehmigungsrechtlichen Hindernisse stellen Anforderungen für die Vermarktung von Lebensmitteln, die mit aufbereitetem Grauwasser in einer ROOF WATER-FARM produziert werden, dar. Die Prüfung und Zulassung von Lebensmittelbetrieben erfolgt durch die örtliche Veterinär- und Lebensmittelaufsicht. Sie beurteilen die Verkehrsfähigkeit der Produkte vor dem Hintergrund des gesundheitlichen Verbraucherschutzes. Im Fall der ROOF WATER-FARM-Produktion wird erforderlich, dass die Verkehrstauglichkeit durch das Gutachten eines amtlich zugelassenen Sachverständigen bestätigt wird. Gutachtern fehlen aber oft die Wissensgrundlage und Referenzstudien, um Kriterien dafür zu definieren, wodurch eine Zulassung zurzeit nicht erteilt werden kann.

Die vorliegenden Handlungsempfehlungen richten sich primär an Planer*innen, Investor*innen sowie kommerzielle Betreiber*innen und dienen als Orientierungshilfe bezüglich hygienischer Aspekte bei der Gestaltung, dem Betrieb, der Wartung und dem Monitoring von Systemen der Fischhälterung und Pflanzenzucht in Verbindung mit alternativen Wasser- und Nährstoffquellen. Dabei bezeichnet der Begriff Hygiene hier „Maßnahmen und Vorkehrungen, die notwendig sind, um Gefahren unter Kontrolle zu bringen und zu gewährleisten, dass ein Lebensmittel unter Berücksichtigung seines Verwendungszwecks für den menschlichen Verzehr tauglich ist“ (Art. 2:1-a EU-Verordnung über Lebensmittelhygiene [12]).

Anforderungen an die hygienische Qualitätssicherung und das Monitoring dieser Produktionssysteme werden aus den Perspektiven der Wasserwirtschaft und Lebensmittelproduktion dargestellt. Diese Orientierungshilfe soll über den Stand der Erfahrungen informieren und den Aufwand für eine entsprechende Qualitätssicherung skizzieren, damit darauf aufbauend Anforderungen an Anbieter von technologischen Komponenten oder Dienstleistungen für künftige Projekte formuliert werden können. Weitere Aspekte der gebäudeintegrierten Farmwirtschaft in Verbindung mit gebäudeintegriertem Wasserrecycling werden ausführlich in Website und Handbuch des ROOF WATER-FARM Projektes erläutert (s.o.).

Die im Folgenden dargestellten Handlungsempfehlungen für eine hygienisch sichere Betriebswasser- und Flüssigdüngernutzung in der Produktion von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln geben den Kenntnisstand des Forschungsverbundes zum Ende des Vorhabens im Oktober 2017 wieder. Die Handlungsempfehlungen wurden auf Grundlage von umfangreichen Experteninterviews und Literaturrecherchen sowie eines Expertenworkshops im September 2017 und weiterer Abstimmung mit externen Partnern im Jahr 2018 erarbeitet und finalisiert [Projektpartner und Beteiligte am Expertenworkshop siehe Anhang auf Seite 15]. Mögliche Konsequenzen einer geplanten EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung auf Genehmigungspraxis und Betrieb der diskutierten Systeme bleiben hier unberücksichtigt.

# 2 | Empfehlungen für Planung und Betrieb der Anlagen

Systeme der gebäudeintegrierten Farmwirtschaft mit integrierter Betriebswassernutzung und Flüssigdüngerproduktion aus häuslichen Abwässern bestehen aus unterschiedlichen modularen Systemkomponenten. Für einen stabilen und hygienisch sicheren Betrieb der Produktionssysteme sollten die einzelnen Komponenten den im Folgenden aufgeführten Empfehlungen folgen. Grundsätzlich müssen alle Anlagen und Systemkomponenten von Experten mit entsprechender Ausbildung oder fachkundigen Personen mit adäquater Erfahrung geplant und betrieben werden. Im Rahmen der vorsorgenden Gefahrenabwehr in der Lebensmittelproduktion mit alternativen Wasserquellen sollen damit gezielt Systemanforderungen und entsprechende Zeiträume für Gewährleistung und Wartung (inklusive Qualitätsüberwachung) definiert werden.
Komponentenübergreifend gilt, dass:

- → die häuslichen Abwasserströme (Grau- und Schwarzwasser) sowie Regenwasser getrennt erfasst und gesammelt werden sollen;
- → ausreichend große Nutzflächen für Anlagentechnik und Gewächshaus vorhanden sein müssen;
- → die Abwasserströme mit im groben Durchschnitt gleichbleibender Qualität und ausreichender Menge anfallen und die produzierten Betriebswasser- und Düngemittelmengen ortsnah für Pflanzen/Fischhälterung/-zucht eingesetzt werden können;
- → die Aufbereitung von häuslichen Abwasserströmen zu Betriebswasser und Düngelösung durch Verfahren und Anlagen erfolgt, die einen Rückhalt von schädlichen Stoffen effizient sicherstellen und einen robusten und überwachbaren Betrieb gewährleisten.

Aus Erfahrungen des ROOF WATER-FARM Forschungsprojektes werden ständige online-Überwachungen für die Kontrolle des stabilen Betriebs der einzelnen Anlagenkomponenten empfohlen (Tabelle 1)

| | Betriebswasser aus Grauwasser | NPK-Dünger aus Schwarzwasser | Aquaponik | Hydroponik |
|---|---|---|---|---|
| Parameter | Trübung | Trübung<br>Sauerstoff<br>Leitfähigkeit<br>pH-Wert | Sauerstoff<br>Leitfähigkeit<br>pH-Wert<br>Temperatur | Leitfähigkeit<br>pH-Wert |
| Messort | Ablauf der Aufbereitung | Vorratstank/ Ablauf der Aufbereitung | Fischbecken | Bewässerungstank |

## 2.1 Grauwasserrecycling

Als Grauwasserquellen kommen grundsätzlich Dusch- und Badewasser sowie höher belastete Grauwasserquellen (Waschmaschinen und Küche) in Frage. In jedem Fall ist eine hochwertige Behandlung des Grauwassers für eine spätere produktive Betriebswassernutzung unabdingbar. Dabei haben sich rein mechanisch-biologisch arbeitende Aufbereitungsstufen in der Praxis bereits ausreichend als zuverlässige Technologie erwiesen [13]. Bei der Verfahrensauswahl sollten grundsätzlich Technologien mit nachweislich niedrigem Stromverbrauch und geringem Wartungsaufwand bevorzugt werden. Sie sollten gleichzeitig so konzipiert und dimensioniert sein, dass sie durch eine zeitweise erhöhte Zulaufbelastung und unvermeidbaren Eintrag von Störstoffen

(Fette, Desinfektionsmittel, Wandfarbenreste, Haare, Hygieneartikel etc.) keinen Schaden erleiden. Die Grauwasseraufbereitung soll stets ohne den Zusatz von Chemikalien auskommen, muss trotzdem ein hygienisch einwandfreies Betriebswasser liefern und soll beim Nutzer des Betriebswassers mit keinerlei Komforteinbußen verbunden sein. Die Anlagentechnik lässt sich kompakt und wartungsarm realisieren. Der Platzbedarf ist stark abhängig von der jeweiligen Grauwasserbelastung und dem gewählten Aufbereitungsverfahren. Bei experimentellen Arbeiten im ROOF WATER-FARM Forschungsprojekt konnte ermittelt werden, dass das insgesamt notwendige Behältervolumen in der Größenordnung des ein- bis zweifachen Tagesdurchsatzes liegt.

Eine Fernüberwachung und Dokumentation der wichtigsten Betriebsparameter (auf mind. 5-minütiger Basis) hat sich auch im Hinblick auf den erforderlichen Wartungs- und Kontrollaufwand als äußerst vorteilhaft erwiesen. Die automatisierte Dokumentation der Betriebszustände erleichtert zudem den Anlagenbetrieb, Betriebsanpassungen und Optimierungen. Dabei sollte die Anlagensteuerung den Ausfall wichtiger Systemkomponenten (z. B. UV-Desinfektion) automatisch erkennen und die Anlage bei Störungen beispielweise auf Trinkwassernachspeisung umschalten.

## 2.2 Regenwassernutzung

Regenwasser ist auf Grund seiner ursprünglichen Reinheit (niedrige elektrische Leitfähigkeit) und geringer Calcium- und Magnesiumgehalte (weiches Wasser) sehr gut für die Fischhälterung- und Pflanzenzucht geeignet.

Bei der Regenwassernutzung – die abgesehen von einem Sieb im Einlauf in der Regel keine Wasseraufbereitung im eigentlichen Sinne erfordert, ist insbesondere im Hinblick auf Lebensmittelproduktion die Wahl der Auffangflächen/ des Einzugsgebietes von besonderer Bedeutung. Glatte Oberflächen, die keine Schadstoffe an das Regenwasser abgeben wie Glas, gebrannte Ziegel etc. sind bestens geeignet. Negative Einflüsse auf die Wasserqualität können Metalloberflächen (z. B. unversiegelte Kupfer- und Zinkdächer), organisches Material (z. B. Bitumen), wurzelhemmende Folien oder bestimmte Wandfarben, welche beispielsweise Biozide enthalten, haben [14, 6].

Für Intensivkulturen im Gewächshaus sind neben dem Gewächshausdach weitere Sammelflächen und (im Gegensatz zum Grauwasserrecycling) vergleichsweise große Speicher erforderlich, um den Wasserbedarf – v.a. bei mehrwöchigen Trockenperioden – zu decken.

Für die Nutzung von Niederschlagswasser von niedrig belasteten Verkehrsflächen muss eine geeignete Aufbereitungsanlage vorgesehen werden. Zur Einhaltung der

Hygieneanforderungen an das Betriebswasser hat sich die UV-Desinfektion bewährt. Nachweise zur Wirksamkeit sind regelmäßig durchzuführen und zu dokumentieren. Für die Aufbereitung von belastetem Regenwasser gelten ebenfalls die unter dem Punkt Grauwasserrecycling getroffenen Aussagen.

## 2.3 Schwarzwassernutzung

Die Aufbereitung von hoch belastetem Schwarzwasser (mit organischen Stoffen (CSB > 2000 mg/l), Mikroschadstoffen, Mikroorganismen (Bakterien) und Feststoffen wie Toilettenpapier) zu einer qualitativ hochwertigen NPK-Düngelösung ist ein innovatives Verfahren, das im ROOF WATER-FARM Forschungsprojekt für die Gebäudenutzung entwickelt wurde und exemplarisch das Toilettenwasser von 50 Bewohnern aufbereitet (entspricht durchschnittlich 2,4 $m^3$/d). Aufgrund der frühen Entwicklungsphase sollte eine Anwendung der Schwarzwasseraufbereitung nach aktuellem Stand vorerst noch unter wissenschaftlich-technischer Begleitung erfolgen.

Die Aufbereitung des Schwarzwassers zielt auf eine Anreicherung von Nährstoffen und gleichzeitiger Reduktion von organischen Komponenten, Schwermetallen, Mikroschadstoffen und Mikroorganismen ab. Verfahrenskombinationen aus mechanischen Vor- und Nachbehandlungsprozessen (Zerkleinern, Filter, Membranen etc.) und biologischen Behandlungsverfahren wurden in der Forschung erfolgreich eingesetzt, um pflanzentauglichen Flüssigdünger zu produzieren. Gesetzliche Qualitätsvorgaben (Richt- oder Grenzwerte) für Flüssigdünger, der aus Schwarzwasser produziert wird, gibt es gegenwärtig noch nicht. Jedoch scheint es zielführend, sich an Nährstoffzusammensetzung und Qualitätsvorgaben der Düngemittelverordnung (DüMV) [15] zu orientieren. Konkrete Qualitätsanforderungen müssen mit den entsprechenden Genehmigungsbehörden fallspezifisch definiert werden. Dabei können die unten empfohlenen Qualitätsanforderungen für Betriebs-/ Bewässerungswasser (strenger als DüMV) ebenfalls zur Orientierung dienen.

## 2.4 Aquaponik und Hydroponik in Produktionsgewächshäusern

In Hinblick auf die Ausgestaltung von Gewächshäusern für Fisch- und Pflanzenzucht sind im Folgenden einige wichtige bautechnische und betriebliche Aspekte aufgeführt. Grundsätzlich orientiert sich die hygienische Beurteilung von Betrieben an den Anforderungen des, in Kapitel 3.1 näher erläuterten, EU-Lebensmittelrechts. Ausführliche

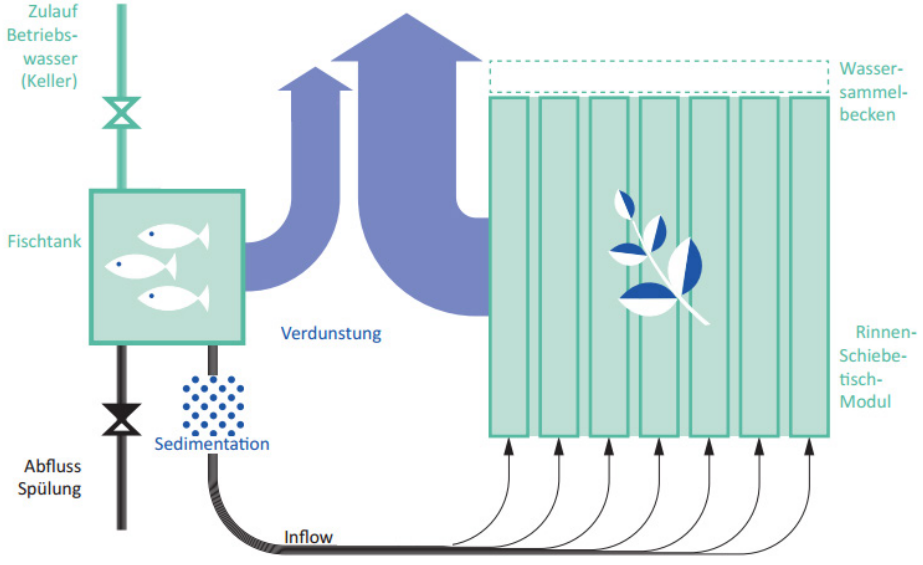
Grundsätze für die Planung von Dachgewächshäusern mit gebäudeintegrierten Aqua- und Hydroponikanlagen sind unter anderem in der Publikation „Es wächst etwas auf dem Dach – Dachgewächshäuser: Ideen – Planung – Umsetzung“ [16] erläutert.

Bautechnisch ist bei der Aquaponik eine räumliche Trennung zwischen Produktion, der Schlachtung, der Weiterverarbeitung sowie der Lagerung der Erzeugnisse vorzusehen [17]. Alternativ können in Ausnahmefällen kleine Betriebe produzierte Fische lebend an einen Lebensmittelbetrieb abgeben, der die erforderliche Infrastruktur für die Schlachtung vorhält.

Um die Produktionseinheiten chemisch und hygienisch optimal einzustellen, wird insbesondere für kommerzielle aquaponische Anlagen eine Teilkreislaufführung der Wasser- und Nährstoffströme zwischen Fisch- und Pflanzenzucht empfohlen (siehe Abbildung 2). Die vollständige Kreislaufführung (zusätzliche Rückführung von Abwasser der Pflanzenzucht in die Fischzucht, inkl. Biofilter) wurde in der ROOF WATER-FARM Pilotanlage getestet und stellt ebenfalls eine Gestaltungsoption da.
Weiterhin sind bei der Planung von Produktionsanlagen, insbesondere in Hinblick auf

Abb. 2:
Prinzip Skizze Wasserströme Aquaponik, Teilkreislauf

Quelle:
www.roofwaterfarm.com




die Betriebshygiene, u.a. die folgenden Infrastrukturelemente zu berücksichtigen:

- → Hygieneschleusen an den Eingängen der Produktionsstätte zur Reinigung und Desinfektion von Schuhwerk, Händen, Gerätschaften der Mitarbeiter*innen und Besucher*innen;
- → Luftfilter, um offenstehende Fenster und das Eindringen von Insekten oder Tieren zu verhindern;

- → UV-Desinfektion, Feststoffentfernung und mechanisch-biologische Aufbereitungsstufen in den Wasserkreisläufen, um die Anreicherung pathogener Mikroorganismen zu verhindern und geeignete Haltungsbedingungen für Fische sicherzustellen;
- → Hälterungsbecken oder entkoppelbare Produktionsbecken, um Fische mehrere Tage vor der Schlachtung in Frischwasser mit hohen Austauschraten und ohne Futtermittelzugabe zu hältern;
- → Folienabdeckung der Betriebswasserführung (Hydroponik-Rinnen), um Algenwachstum zu unterbinden und Spritzwasser auf Pflanzenteile, die zum Rohverzehr bestimmt sind und Arbeiter, zu vermeiden.

Für einen hygienisch einwandfreien Betrieb der Produktionsanlagen müssen die Grundsätze der guten hygienischen Praxis berücksichtigt werden. Methoden und Zertifizierungssysteme für eine gute Hygienepraxis in der Lebensmittelproduktion werden im Kapitel 3.1 erläutert. Weitergehende Hinweise zur guten Hygienepraxis in der Fischzucht finden sich unter anderem in Empfehlungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft [18]. Grundsätzlich müssen in Betriebsstätten kombinierte Hygienemaßnahmen aus Trockenreinigung, Nassreinigung und Desinfektion nach DIN 10516 durchgeführt und inklusive Erfolgsnachweis dokumentiert werden [19]. Weiterhin sind die Anforderungen des Infektionsschutzgesetzes [20] für die Mitarbeiter*innen und mitgeltende rechtliche Anforderungen zum Umgang mit dem Abfall tierischen Ursprungs sowie Anforderungen der Fischseuchenverordnung [21] zu beachten.

Insbesondere in Hinblick auf Fischzucht ist grundsätzlich festzuhalten, dass:

- → Mitarbeiter*innen nachweislich über entsprechende Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen müssen [17] [22];
- → Mitarbeiter*innen nachweislich regelmäßig in der Hygienepraxis und im Infektionsschutz geschult werden müssen;
- → Besucher*innen und Mitarbeiter*innen nachweislich zwei Tage vor Betreten der Anlagen keinen Kontakt zu anderen Fischzuchtanlagen gehabt haben dürfen.

# 3 | Empfehlungen zur Überwachung der Lebensmittelsicherheit

Nach dem Produkthaftungsgesetz [24] und dem europäischen Lebensmittelhygienerecht (siehe Kapitel 3.1) ist die Produzent*in von Lebensmitteln grundsätzlich für die Produktqualität und Lebensmittelsicherheit verantwortlich und haftbar. Die lebensmittelrechtlich erforderliche hygienische Überwachung der Lebensmittelproduktion ist für die Anmeldung eines Gewerbes mit der örtlichen Veterinär- und Lebensmittelaufsicht zu klären. Gegebenenfalls müssen dabei Landesbehörden (z. B. in Berlin das Landesamt für Gesundheit und Soziales) sowie externe Sachverständige hinzugezogen werden. Dabei dient die amtliche Lebensmittelüberwachung unter anderem der Kontrolle der unternehmerischen Eigenverantwortung.
Für die hygienische Beurteilung einer Lebensmittelproduktion mit Betriebswasser aus aufbereitetem Abwasser sind eine Reihe von einschlägigen rechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen . Entlang der Produktionskette müssen Vorgaben aus unterschiedlichen Quellen bezüglich Gefahrenabwehr im Produktionsprozess sowie zur Überwachung der Qualität von Betriebs-/Bewässerungswasser und zur Gewährleistung der Verkehrsfähigkeit von produzierten Lebensmitteln berücksichtigt werden (siehe Abbildung 2). Haben die Produktionssysteme Kontakt zum Boden, werden zusätzlich Vorgaben für Boden- und Grundwasserschutz relevant . Ein Leitfaden der Europäischen Kommission bietet grundlegende Orientierung für die Erfüllung von Hygieneanforderungen bei der Obst- und Gemüseproduktion [27].

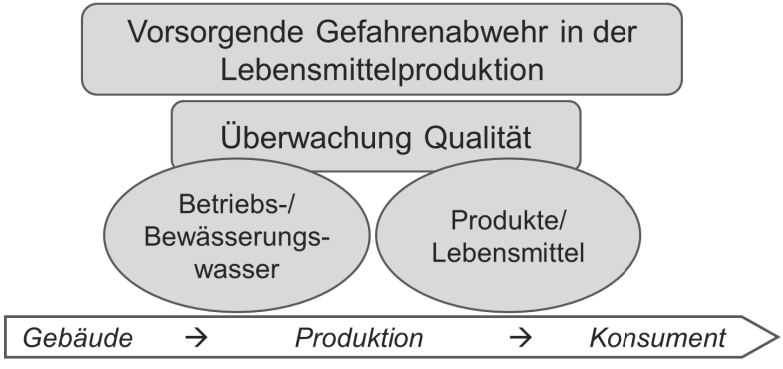



Abb. 3:
Sachbereiche hygienischer Überwachung entlang der Produktionskette für die Gewährleistung der Sicherheit/Verkehrsfähigkeit von Produkten gebäudeintegrierter Farmwirtschaft in Verbindung mit gebäudebezogener Wasserressourcennutzung.

Quelle:
www.roofwaterfarm.com

Es ist zu beachten, dass sich untenstehende Empfehlungen zu Qualitätsanforderungen ausschließlich auf potenziell hygienisch relevante Parameter im Wasser beziehen. Abluft (-filter)-Untersuchungen (Bsp.: auf Legionella spec.) oder andere produktionsrelevante Wasserqualitätsparameter (Bsp.: pH-Wert oder Salzgehalt) sind u. U. angezeigt, werden in diesem Rahmen aber nicht betrachtet. Weiterhin müssen je nach Gestaltung der Produktionssysteme zusätzliche Anforderungen an Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen sowie Anforderungen an Be- und Verarbeitung der Produkte berücksichtigt werden.

## 3.1 Vorsorgende Gefahrenabwehr in der Lebenmittelproduktion

Nach EU-Lebensmittelrecht  zu allgemeinen Hygienevorschriften und Vorsorgepflicht im Sinne des vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes für gewerbliche Lebensmittelproduktion muss jede Lebensmittelunternehmer*in, die auf einer Produktions-, Verarbeitungs- oder Vertriebsstufe von Lebensmitteln tätig ist, ein ständiges Verfahren einrichten, durchführen und aufrechterhalten, das auf den HACCP-Grundsätzen beruht. Der Dokumentation von Aktivitäten der Qualitätssicherung und Nachweisen der Lebensmittelsicherheit kommt dabei eine herausragende Rolle zu.
HACCP (Risiko-Analyse Kritischer Kontroll-Punkte) beschreibt dabei einen systematischen Ansatz, der die Sicherung der Verbrauchergesundheit zum Ziel hat. Die Aufgabe des HACCP-Konzeptes ist es, Gefahren, die mit dem Produktions- und Verarbeitungsprozess von Lebensmittel zusammenhängen oder von fertigen Produkten ausgehen, zu betrachten und die Risiken abzuschätzen. Wenn alle Faktoren, welche die Lebensmittelsicherheit beeinträchtigen können, erkannt sind, müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, um diese Risikofaktoren zu überwachen und nachweislich auszuschalten.
HACCP-Systeme werden für Produktionsstandorte und -verfahren individuell entwickelt. Dabei kann auf eine Vielzahl von Dienstleister*innen, unterschiedliche Methoden und anerkannte Zertifikate (ISO, Global G.A.P., IFS, SQF oder BRC) gesetzt werden. International finden auch Risikomanagement-Ansätze, wie von der Weltgesundheitsorganisation empfohlen, Anwendung. Diese beziehen sich explizit auf die Lebensmittelproduktion mit aufbereitetem Abwasser [33].

## 3.2 Überwachung der Qualität von Betriebswasser und Produkten

Die folgenden Empfehlungen zur Qualitätsüberwachung sind Vorschläge aus dem ROOF WATER-FARM Forschungsprojekt. Parameter und Überwachungsintervalle müssen für den jeweiligen Fall unter Berücksichtigung der vorsorgenden Gefahrenabwehr festgesetzt und für eine betriebliche Qualitätssicherung konkretisiert und dokumentiert werden. Die analytischen Qualitätskontrollen müssen von einem dazu befähigten akkreditierten Labor ausgeführt und die Qualität hinsichtlich der Verkehrsfähigkeit bewertet werden.

Relevante Regelungen und Empfehlungen für die qualitative Überwachung von gebäudeintegrierter Farmwirtschaft in Verbindung mit gebäudeintegriertem Wasserrecycling sind wie folgt (für online-Überwachung siehe Tabelle 1):

**BETRIEBS- UND BEWÄSSERUNGSQUALITÄT**

- → Mit der DIN 19650 [34] werden mikrobiologische Qualitätsanforderungen für Bewässerungswasser abhängig von Bewässerungsmethode und angebauter Pflanzenart empfohlen. Die mögliche Verwendung von behandeltem Abwasser wird ausdrücklich erwähnt, ebenso wie im Leitfaden der Europäischen Kommission zur Obst und Gemüseproduktion [26]. Im DWA Merkblatt 277 [13] werden spezifische Qualitätsanforderungen für Betriebswasser aus aufbereitetem Grauwasser angegeben.
- → Vorgaben für die chemische Qualität von Bewässerungswasser orientieren sich primär an der Vermeidung von phytotoxischen Effekten bei angebauten Pflanzen sowie dem Boden- und Grundwasserschutz. In Bezug auf hygienische Aspekte im Rahmen des vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes können vorbehaltlich Richtwerte für Schwermetalle (z. B. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Quecksilber), chemische Verbindungen oder Nitrat aus Empfehlungen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) [35] und der DIN 19684-10 [37] herangezogen werden . Im DWA Merkblatt 277 [13] werden ebenfalls Empfehlungen für die potenziell hygienisch relevante bio-chemische Betriebswasserqualität (BSB5) gemacht.

**PRODUKT- UND LEBENSMITTELQUALITÄT**

- → Für eine begrenzte Auswahl von Lebensmitteln sind in der europäischen Verordnung VO (EG) 2073 [37] konkrete Mindestanforderungen (Grenzwerte) für die mikrobiologische Qualität vorgeschrieben. Zusätzlich dienen eine Bandbreite von mikrobiologischen Richt- und Warnwerten der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) [38] der hygienischen Beurteilung einer Vielzahl von Lebensmitteln.

- → Für die Beurteilung der Verkehrsfähigkeit von Lebensmitteln anhand von chemischen Parametern sind in der Kontaminanten-Verordnung VO (EG) 1881 [39] Grenzwerte für spezifische und hygienisch relevante Schwermetalle (z. B. Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Quecksilber), chemische Verbindungen wie Dioxine, PCBs oder aromatische Kohlenwasserstoffe und Nitrat angegeben. In der Rückstands-Höchstmengenverordnung VO (EG) 396 [40] werden Grenzwerte für eine große Bandbreite an Pflanzenschutzmitteln vorgeschrieben.
- → Generell gilt, dass Stichproben von jeder Gemüse- und Fischcharge mindestens visuell und sensorisch untersucht werden sollten.
- → Bei innovativen Produktionssystemen sollten konventionell produzierte Produkte auf Ihre hygienischen Eigenschaften untersucht und als Referenz- und Vergleichswerte herangezogen werden.

Aufgrund ihrer besonderen Relevanz für die hygienische Überwachung sind in der Anlage ab Seite 17 konkrete Empfehlungen für mikrobiologische Betriebswasser- und Produktqualität, mit Verweis auf die entsprechenden Quellen, aufgelistet. Für den Fall, dass mehrere Richtlinien Vorgaben für den gleichen Parameter formulieren, sind in der Auflistung die strengsten Anforderungen für einen Parameter angegeben.

**Relevanz von Spurenstoffen in Abwasserströmen**
Häusliche Abwasserströme sind in geringer Konzentration mit Süßstoffen, Koffein und Arzneimittelrückständen als Stoffwechselprodukte mit nicht resorbierten Wirkstoffen und den über Ausguss oder Toilette entsorgten Medikamenten belastet. Die am häufigsten gemessenen Arzneimittel sind blutdruck- und blutzuckersenkende Mittel, Antiepileptika, Antidepressiva, Röntgenkontrastmittel und Schmerzmittel. Bei wenigen angeschlossenen Anwohnern schwanken die Konzentrationen in Abhängigkeit der individuellen Medikamenteneinnahme.

Im ROOF WATER-FARM-Projekt wurden Grau- und Schwarzwasser getrennt untersucht.

Diverse Medikamente, die üblicherweise im häuslichen Abwasser nachgewiesen werden, lagen im Grauwasser unter der Nachweisgrenze. In 11 Flüssigdüngerchargen (aus Schwarzwasser) wurden zwar Mikroschadstoffe in schwankenden Konzentrationen gemessen, aber nur in einem gesundheitlich unbedenklichen Maß in den Pflanzen wiedergefunden. Um den TTC-Werte  für Metformin (Antidiabetikum) – eines der kritischsten Substanzen im Flüssigdünger – zu erreichen, müsste der Konsument 4 kg Salat pro Tag essen.

Bei Regenwassernutzung von Flächen mit Metall-, Bitumen oder wurzelhemmenden Folien können insbesondere organische Spurenstoffe wie z. B. von Herbiziden im gesammelten Wasser problematisch werden  [42].

Konkrete Richt- oder Grenzwerte für Spurenstoffe in Betriebs-/Bewässerungswasser oder Lebensmitteln liegen nach Kenntnis der Autoren zurzeit nicht vor. Vor dem Hintergrund des vorsorgenden Gesundheitsschutzes sollte aber das Risiko übermäßiger Spurenstoffkontamination in Betriebswasserströmen geprüft werden (z. B. bei Medizinischen Einrichtungen).

**EMPFEHLUNGEN FÜR DIE VERORTUNG VON PROBENAHMESTELLEN**

Probenahme- und Überwachungspunkte für Betriebs-/Bewässerungswasser/Flüssigdünger sollten in einem Zwischenspeicher zwischen Ablauf der Aufbereitungsmodule und Zulauf zur Lebensmittelproduktion platziert sein und nach DIN EN ISO 5667-14 [43] beprobt werden.

Proben von Gemüse- und Fischchargen müssen entsprechend der Vorgaben von oben genannten Regelungen und Empfehlungen mittels eines Probennahmeplanes zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Produktionsprozess genommen und analysiert werden. Der bestimmungsgemäße Gebrauch der Produkte ist dabei mit zu berücksichtigen.

**EMPFEHLUNGEN FÜR DIE PROBENAHMEINTERVALLE**

Überwachungsintervalle können untergliedert werden in eine Start-/Einfahrphase mit engmaschiger Überwachung einer breiten Anzahl von Parametern sowie einer Betriebsphase, in der die Überwachung in größeren Abständen und von weniger Parametern ausreichend ist. Konkrete Überwachungsintervalle und Untersuchungsparameter müssen im Rahmen einer behördlichen Prüfung sowie der Ausarbeitung des Eigenkontrollsystems/Qualitätssicherung und potenzieller Zertifizierung für den konkreten Fall definiert werden.

**ERFAHRUNGEN BEI DER HYGIENISCHEN ÜBERWACHUNG AUS ROOF WATER-FARM**

Im Rahmen des Forschungsbetriebs des ROOF WATER-FARM Forschungsprojektes am Block 6 in Berlin Kreuzberg konnten durch intensive analytische Begleitung folgende Feststellungen gemacht werden:

- → Umweltrelevante Chemikalien (Spurenstoffe) werden durch die Aufbereitung zum Betriebswasser bzw. Flüssigdünger reduziert und stellen nach dem Stand der Lebensmitteluntersuchung kein Problem für die Qualität des Bewässerungswassers bzw. NPK Düngers sowie der Produkte dar.
- → Hygienische Aspekte (Bakterien) wurden als kritisch identifiziert und sind im Rahmen der Qualitätskontrolle und Lebensmittelsicherheit regelmäßig eigenverantwortlich zu kontrollieren und dokumentieren. Für das Betriebswasser-Monitoring sollte die Einhaltung der folgenden Vorgaben in vorab definierten Intervallen überprüft werden [34]:
  - < 200 KBE E. coli je 100 ml
  - < 100 KBE Intestinale Enterokokken (Fäkalstreptokokken) je 100 ml
  - 0 KBE Salmonellen je 1000 ml

# Anhang

# 4 | Literaturverzeichnis / Weiterführende Literatur


[1] *Million, A.; Bürgow, G.; Steglich, A. (Hrsg.) (2018):* ROOF WATER-FARM. Urbanes Wasser für urbane Landwirtschaft. TU Berlin, Berlin. ISBN 978-3-7983-2986-7 (print), ISBN 978-3-7983-2987-4 (online)

[2] *DIN 1988-200: 2012-05 (2012):* Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW

[3] *DIN 1986-100: 2016-12 (2016):* Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056

[4] *Bundes-Immissionsschutzgesetz* in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist

[5] *Abwasserverordnung* in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 6. März 2020 (BGBl. I S. 485) geändert worden ist

[6] *DIN 1989-1:2002-04 (2002):* Regenwassernutzungsanlagen, Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung

[7] *Wasserhaushaltsgesetz* vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254) geändert worden ist

[8] *Baugesetzbuch* in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634)

[9] *Baunutzungsverordnung* in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)

[10] *DIN EN 13031-1:2003-09 (2003)* Gewächshäuser - Bemessung und Konstruktion - Teil 1: Kulturgewächshäuser; Deutsche und Englische Fassung prEN 13031-1:2017

[11] *Energieeinsparverordnung* vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1789) geändert worden ist

[12] *EU VO 852/2004 (2004):* Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Lebensmittelhygiene

[13] *DWA-M 277 (2017):* Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen, Merkblatt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

[14] *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin (2003):* Innovative Wasserkonzepte, Betriebswassernutzung in Gebäuden

[15] *Düngemittelverordnung - DüMV (2012):* Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln

[16] *Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg (2013):* „Es wächst etwas auf dem Dach"- Dachgewächshäuser: Ideen Planung - Umsetzung

[17] *Bundesverband Fisch (2005):* Leitlinien für eine gute Hygienepraxis und für die Anwendung der Grundsätze des HACCP-Systems für das Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Fischereierzeugnissen

[18] *Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2014):* Empfehlungen für die Anwendung des EU-Hygienepaketes bei der Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung von Fischereierzeugnissen in Bayern

[19] *DIN 10516:2009-05 (2009):* Lebensmittelhygiene – Reinigung und Desinfektion

[20] *Infektionsschutzgesetz (2000):* Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen, zuletzt geändert 2017

[21] *Fischseuchenverordnung* vom 24. November 2018, die zuletzt durch Artikel 7 der Verordnung vom 3. Mai 2016 geändert worden ist.

[22] *Tierschutzgesetz (2006)*, zuletzt geändert 2017

[23] *Produkthaftungsgesetz (1989):* Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte, zuletzt geändert 2017

[24] *Europäische Kommission (2018):* Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlamentes und des Rates über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung, COM(2018) 337 final, 0169 (COD)

[25] *UBA Texte 324/2016:* Seis W, Lesjean B, Maaßen S, Balla D, Hochstrat R, Düppenbecker B (2016): Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung, im Auftrag des Umweltbundesamt

[26] *Amtsblatt der Europäischen Union (2017):* Bekanntmachung der Kommission mit dem Leitfaden zur Eindämmung mikrobiologischer Risiken durch gute Hygiene bei der Primärproduktion von frischem Obst und Gemüse (2017/C 163/01)

[27] *EU VO 178/2002 (2002):* Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit

[28] *EU VO 853/2004 (2004):* Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs

[29] *EU VO 854/2004 (2004):* Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs

[30] *Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (2005):* Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013 (BGBl. I S. 1426), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147) geändert worden ist

[31] *Lebensmittelhygiene-Verordnung (LMHV) (2007):* Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Lebensmitteln, zuletzt geändert 2018

[32] *Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung (Tier-LMHV) (2007):* Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs, zuletzt geändert 2018

[33] *WHO (2006):* Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater in Agriculture. Volume 2. Wastewater Use in Agriculture; WHO Press: Geneve, Switzerland.

[34] *DIN 19650:1999-02 (1999):* Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser

[35] *Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2003):* EMPFEHLUNGEN für die Untersuchung und Bewertung von Wasser zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Fruchtarten in Thüringen,3. Auflage

[36] *DIN 19684-10 (2009):* Bodenbeschaffenheit – Chemische Laboruntersuchungen – Teil 10: Untersuchung und Beurteilung des Wassers bei Bewässerungsmaßnahmen

[37] *EU VO 2073/2005 (2005):* Verordnung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel

[38] *DGHM Richtwerte (2016):* Mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM)

[39] *EU VO 1881/2006 (2006):* Verordnung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln

[40] *EU VO 396/2005 (2005):* Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates

[41] *Kompetenzzentrum Wasser Berlin (2015):* Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins – OgRe, Abschlussbericht

[42] *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Landesamt für Gesundheit und Soziales, Berlin (2013):* Handlungsempfehlungen zur Vermeidung der Umweltbelastung durch die Freisetzung des Herbizids Mecoprop aus wurzelfesten Bitumenbahnen

[43] *DIN EN ISO 5667-14:* Water quality - Sampling - Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling (Siehe auch DIN EN ISO 5667-1)

[44] S*omerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014):* Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp.

[45] *DIN 4046:1983-09:* Wasserversorgung; Begriffe; Technische Regel des DVGW

[46] *DIN EN 12056-1:2001-01:* Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 1: Allgemeine und Ausführungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 12056-1:2000

[47] *ISO 6107-7:2006-05:* Wasserbeschaffenheit - Begriffe - Teil 7

[48] *DIN 19643-1:2012-11:* Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser - Teil 1: Allgemeine Anforderungen

# 5.1 | Glossar

**AQUAPONIK**

Aquaponik ist die Integration von Fisch- und Pflanzenzucht in einem Produktionssystem. In der Aquaponik wird das Abwasser der Fischzucht durch Pflanzenbeete geleitet und nicht an die Umwelt abgegeben. Dadurch erfolgt die Pflanzenernährung aus einer nachhaltigen, kostengünstigen und nicht-chemischen Quelle [44].

**BETRIEBSWASSER**

Nach DIN 4046 [45]: Gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, wobei auch Trinkwasserqualität enthalten sein kann.
Nach DIN 1989 [6]: Wasser für häusliche und gewerbliche Einsatzbereiche, welches keine Trinkwasserqualität haben muss. Hier z. B. aufbereitetes Regenwasser für Verwendungszwecke, bei denen keine Trinkwasserqualität erforderlich ist. Es kann z. B. für die Toilettenspülung, Kühlzwecke, Wasch- und Reinigungsanlagen oder zur Bewässerung von Grünanlagen genutzt werden.

**GRAUWASSER**

Nach Europäischer Norm 12056 – 1 [46]: fäkalfreies, gering verschmutztes Abwasser. Teil des häuslichen Abwassers, das aus Dusche, Badewanne, Handwaschbecken und / oder Waschmaschine stammt und frei von Toilettenabwasser und hochbelastetem Küchenabwasser ist.
*Abweichend von der Norm wird in diesem Dokument ebenfalls hochbelastetes Küchenabwasser als Bestandteil des Grauwassers verstanden.*

**HYDROPONIK**

Hydroponik ist die häufigste Methode der erdlosen Kultur, bei der Pflanzen entweder auf einem anorganischen Substrat oder in einem wässrigen Medium mit bloßen Wurzeln wachsen [44].

**MONITORING**

Systematische Erfassung, Beobachtung oder Überwachung eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme. Die Funktion des Monitorings besteht darin, bei einem beobachteten Ablauf bzw. Prozess steuernd einzugreifen, sofern dieser nicht den gewünschten Verlauf nimmt bzw. bestimmte Schwellwerte unter- bzw. überschritten sind. Monitoring ist deshalb ein Sondertyp des Protokollierens und Optimierens.

**NIEDERSCHLAGSWASSER**

Das durch Niederschläge (Regen, Schnee, Hagel usw.) anfallende, von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser, im wesentlichen Regenwasser.

**REGENWASSER**

Nach DIN 1989 [6]: Wasser aus natürlichem Niederschlag, das nicht durch Gebrauch verunreinigt wurde.

**SCHWARZWASSER**

Schwarzwasser bezeichnet in der Siedlungswasserwirtschaft gemäß ISO 6107-7:2006-05 [47] Abwasser und Exkremente von Wasserspültoiletten, mit Ausnahme von Wasser aus Badewannen, Duschen, Handwasch- und Spülbecken.

# 5.2 | Projektpartner*innen und Kooperationspartner*innen

ROOF WATER-FARM Projektpartner*innen

| Institution | Fachgebiet/ Exepertise | Name |
|---|---|---|
| Technische Universität Berlin/ Institut für Stadt- und Regionalplanung | Städtebau und Siedlungswesen | Prof. Dr.-Ing. Angela Million<br>Dr.- Ing. Grit Bürgow<br>Dr.-Ing. Anja Steglich |
| Technische Universität Berlin/ Zentraleinrichtung Wissenschaftliche Weiterbildung und Kooperation | Wissenschaftsladen kubus | Dipl.-Ing. Gisela Prystav<br>M.Sc. Vivien Franck |
| Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT | Photonik und Umwelt | Dr.-Ing. Ilka Gehrke<br>Dr.-Ing. Victor Katayama |
| inter 3 GmbH – Institut für Ressourcen-management | Innovationsmanage-ment | Dr. Susanne Schön<br>Dipl.-Ing. Wolf Raber<br>B.Sc. Urs Bösche |
| TERRA URBANA – Um-landentwicklung-gesellschaft mbH | Fisch- und Pflanzen-zucht | Dr. rer. nat. Jens Dautz<br>MSc. Dipl.-Biol. Janine Dinske |
| Nolde & Partner – Inno-vative Wasserkonzepte | Wasseraufbereitung | Dipl.-Ing. Erwin Nolde<br>Holger Sack |

| | | |
|---|---|---|
| Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen | Ministerielle Grundsatzangelegenheiten, Ökologisches Bauen, Ökologische Gebäudekonzepte und Modellvorhaben | Dipl.-Ing. Brigitte Reichmann |
| Projektbegleitende externe fachliche Beratung zur Risikothematik Hygiene und Umweltmedizin | | |
| Air Umwelt GmbH / Aachener Institut für Risikoanalyse und –bewertung | Risikoanalyse und -bewertung | Prof. Dr. Wolfgang Dott |

Teilnehmer*innen am Expertenworkshop (25.09.2017) und weitere Partner*innen zur Abstimmung der vorliegenden Handlungsempfehlungen

| Institution | Fachgebiet/ Exepertise | Name |
|---|---|---|
| IGB Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei - Berlin | Ökophysiologie und Aquakultur | Dr. Daniela Baganz |
| Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät | Kanalsysteme und Oberflächengewässer<br>Hygienische Risikobewertung | M.Sc. Berit Wasenitz |
| Kompetenzzentrum Wasser Berlin | Photonik und Umwelt | Dr.-Ing. Pascale Rouault<br>Dipl.-Ing. Wolfgang Seis |
| Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) | Tierarzneimittel | Dr. Christiane Klier |
| Umwelt Bundesamt (UBA) | Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden | M.Sc. Manuela Helmecke |
| Landesamt für Gesundheit und Soziales (LAGeSO) | Veterinär- und Lebensmittelwesen | Dr. Karsten Giffey |
| Landesamt für Gesundheit und Soziales (LAGeSO) | Wasserhygiene und umweltbezogener Gesundheitsschutz | Dr. Anna Franz |
| GFA Consulting Group GmbH | Wasser- und Lebensmittelrecht | Dr. Tilman Reinhardt |

# 5.3 | Mikrobiologische Qualitätskriterien

## Empfehlungen Qualitäts und Betriebs-/ Bewässerungswasser

| Parameter | Einheit | Betriebswasser aus Grundwasser | | Betriebswasser aus Regenwasser | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Richt (RW)-/ Warnwert (WW) | Grundlage | Richt (RW)-/ Warnwert (WW) | Grundlage |
| Escherichia coli | KBE/100ml | < 200 (RW) | DIN 19650[15] [16] | < 200 (RW) | DIN 19650[8] |
| Gesamt coliforme Bakterien | KBE/100ml | < 1x10$^4$ (WW) | DWA-M-277[17] | | |
| Intestinale Enterokokken | KBE/100ml | < 100 (RW) | DIN 19650[8] | < 100 (RW) | DIN 19650[8] |
| Salmonellen | KBE/1000ml | n. n.[18] (RW) | DIN 19650[8] | n. n. (RW) | DIN 19650[8] |
| Infektiöse Stadien von Parasiten | MPN /1000ml | n. n. (RW) | DIN 19650[8] | n. n. (RW) | DIN 19650[8] |
| Pseudomonas aeruginosa | KBE/100ml | < 100 (WW) | DWA-M-277[9] | | |
| Sulfitreduzierende anaerobe Sporenbildner | KBE/1ml | 1 (WW) | ROOF WATER-FARM[20] | 1 (WW) | ROOF WATER-FARM[19] |

[15] Richtwerte nach DIN 19650 [35]; Eignungsklasse 2: Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr. Für Escherichia coli und Intestinale Enterokokken besagt die DIN, dass der Richtwert so weit unterschritten werden sollte, „wie dies nach dem Stand der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist“. S4,[35]
[16] Gilt, wenn Bewässerungswasser nicht unmittelbar mit dem zum Rohverzehrten bestimmten Teil der Pflanze in Berührung kommt, sonst [26] beachten.
[17] DWA-M 277 [13] gilt für die Bewässerung von zum Verzehr bestimmter Nutzpflanzen.
[18] nicht nachweisbar
[19] Most Probable Number
[20] In Anlehnung an Mikrobiologische Anforderungen nach DIN 19643 [48]: Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser

## Empfehlungen Qualität Produkte

| Parameter | Einheit | Mischsalate | | Süßwasserfische | | Vorzerkleinertes Obst (und Gemüse) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Richt (RW)-/ Warn-wert (WW) | Grundlage | Richt (RW)-/ Warn-wert (WW) | Grundlage | Richt (RW)-/ Warn-wert (WW) | Grundlage |
| Escherichia coli | KBE/g | 10 (RW)<br>100 (WW) | DGHM Richtwerte [34] | 10 (RW)<br>100 (WW) | DGHM Richtwerte | $1x10^3$ (Grenz-wert)[24] | $1x10^2$ (RW)<br>$1x10^3$ (WW) |
| Aerob mesophile Kol. (25°C für 72h) | KBE/g | 5x107 (RW) | DGHM Richtwerte | $1x10^6$ (RW) | DGHM Richtwerte | $1x10^7$ (RW) | DGHM Richtwerte |
| Enterobacteriaceae | KBE/g | | | $1x10^4$ (RW)<br>$1x10^5$ (WW) | DGHM Richtwerte | $1x10^4$ (RW)<br>$1x10^5$ (WW) | DGHM Richtwerte |
| Pseudomonaden | KBE/g | | | $1x10^6$ (RW) | DGHM Richtwerte | | |
| Salmonella | KBE/25g | n. n. (WW) | DGHM Richtwerte | n. n. (WW) | DGHM Richtwerte | n. n. (WW) | DGHM Richtwerte |
| Listeria monocytogenese | KBE/g | 100 (WW) | DGHM Richtwerte | 100 (WW) | DGHM Richtwerte | 100 (WW) | DGHM Richtwerte |
| Hefen | KBE/g | 1x105 (RW) | DGHM Richtwerte | | | $1x10^5$ (RW) | DGHM Richtwerte |
| Schimmelpilze | KBE/g | 1x103 (RW)<br>1x104 (WW) | DGHM Richtwerte | | | $1x10^3$ (RW) | DGHM Richtwerte |
| Koagulase-positive Staphylokokken | KBE/g | | | | | $1x10^2$ (RW)<br>$1x10^3$ (WW) | DGHM Richtwerte |
| Präsumtive Bacillus cereus | KBE/g | 5x102(RW)<br>1x103 (WW) | DGHM Richtwerte | | | | |

[24] Als Mischsalate (auch bezeichnet als „Schnittsalate“, „Rohkostsalate“, „Fertigsalate“, „Frischkostsalate“ u.ä.) werden solche Zubereitungen bezeichnet, die roh, frisch und fertig zur Verwendung, also bereits geputzt, geschnitten, gewaschen oder anderweitig vorbereitet, aber ohne würzende / bindende Soße angeboten werden. Die Werte gelten als Mittelwert für abgepackte Waren bei Abgabe an den Verbraucher [38].

[22] Ganze Fische im Einzelhandel [38].

[23] Scheiben, Stücke oder Würfel frisch geschnittenes Obst, abgepackt.

[24] Grenzwert gilt während der Herstellung.

Herausgeber*innen:
Angela Million, Grit Bürgow, Anja Steglich (Projektleitung & Projektkoordination), TU Berlin, FG Städtebau und Siedlungswesen
Gisela Prystav, TU Berlin, Zentraleinrichtung Wissenschaftliche Weiterbildung und Kooperation, Wissenschaftsladen kubus

Autor*Innen:
Dipl.-Ing. Wolf Raber
inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement

Dipl.-Ing. Erwin Nolde
Nolde & Partner innovative Wasserkonzepte

Dr.-Ing. Ilka Gehrke
Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

MSc.Dipl.-Biol. Janine Dinske
TERRA URBANA
Umlandentwicklungsgesellschaft mbH

Dipl.-Ing. Brigitte Reichmann
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen
Ministerielle Grundsatzangelegenheiten
Ökologisches Bauen, Ökologische Gebäudekonzepte

Prof. Dr. Wolfgang Dott
Air Umwelt GmbH / Aachener Institut für Risikoanalyse und –bewertung

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“









ROOF
WATER
FARM

Frischer Fisch und frisches Gemüse direkt vom Dach produziert mit aufbereitetem Wasser aus dem Gebäude, das ist die Vision von ROOF WATER-FARM. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Verbundprojekt untersuchte erstmalig, wie sich Leichtbaufarmtechnologien wie Aquaponik und Hydroponik mit dezentralen Technologien zur Betriebswassernutzung und Düngemittelproduktion im und am Gebäude kombinieren lassen.

Die ROOF WATER-FARM Handlungsempfehlungen sind eine aktualisierte Fassung der bereits im ROOF WATER-FARM Handbuch 2018 veröffentlichten Praxisempfehlungen Hygiene von kombinierten Wasserrecycling- und Farmsystemen. Sie sind neben gesundheitsrelevanten Fragen die Voraussetzung für die Vermarktungsfähigkeit der Produkte und eine breite praktische Umsetzung dieser zukunftsweisenden Kreislauftechnologien.

DOI 10.14279/depositonce-9750

http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-9750