



Based on total contents, the copper load and its distribution on test and reference fields of German hop cultivation sites is presented. Additionally, the heavy metal content was determined in general, and differences in copper contents between and within hop rows were identified.

The management history of the hop sites led to additional heavy metal soil contamination (As, Cr, Pb, Zn, V). Due to different cultural measures exercised in the past, the analyzed total heavy metal contents differ between growing regions.

Comparing literature with managing history and current management, it is obvious that peaks of contamination result from applications between 1924 and 1965, when for the control of plant diseases up to 60 kg copper per ha and year were used.

The collected data concerning load situation, site description and duration of management suggest that three hop sites are appropriate for a biological assessment of soil quality and its recent impact on earthworm coenoses.

**Key words:** Total content of copper, control of fungi, hop downy mildew, *Pseudoperonospora humuli*, organically and conventionally managed hop soils, load situation in hop culture, risk potential, exposure assessment, pre-selection of adequate monitoring areas

## 1 Hintergrund und Zielsetzung der Untersuchungen

Kupferhaltige Präparate werden seit etwa 120 Jahren in Deutschland gegen Pilzkrankheiten wie den Falschen Mehltau an Weinrebe und Hopfen oder die Kraut- und Knollenfäule an der Kartoffel eingesetzt. Sie gehören damit zu den ältesten Pflanzenschutzmitteln. Seit längerem stehen kupferhaltige Pflanzenschutzmittel im Zentrum von Diskussionen um eine nachhaltige Landbewirtschaftung. In mehreren Fachgesprächen, zuletzt beim BMELV-Workshop „Kupfer im Pflanzenschutz“ am 17. März 2010, wurden Risiken und Nutzen von Anwendungen kupferhaltiger Mittel dargestellt. Vor dem Hintergrund der kritischen Bewertung der Wirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen einschließlich Wirbeltiere im Zulassungsverfahren und gegensätzlichen Beobachtungen bei Feldbegehungen wurde der Bedarf nach einer aktuellen Erarbeitung einer differenzierten Übersicht über die Höhe der Kupfergesamtgehalte anhand von Felderhebungen in Dauerkulturen wie dem Hopfen und zu ihren ökologischen Auswirkungen sowie einer fachlich fundierten Erfassung biologischer Parameter in wichtigen Anwendungsbereichen hervorgehoben.

Die Untersuchungsschritte sind Grundlage zur Auswahl geeigneter Monitoringflächen gemäß RICHTLINIE DER KOMMISSION 2009/37/EG vom 23. April 2009 (Auflage von Programmen zur Überwachung gefährdeter Gebiete durch Zulassungsinhaber).

Bei einer Risikobetrachtung sind neben der Erfassung der Intensität der Kupferapplikationen auch weitere Einflussgrößen wie z.B. Standortbedingungen, Bewirtschaftungsweise (Begrünung, Mulchen) und Bewirtschaftungs-

historie zu berücksichtigen. Die Vorbeprobung von Hopfenflächen an ökologisch oder konventionell bewirtschafteten Standorten unter den Aspekten einer repräsentativen Erfassung der Belastungsverteilung ist Teil eines Monitoringprogramms, das mit der Expositionsermittlung die Erfassung empfindlicher Indikatorarten der jeweiligen Regenwurmzönosen (DIN ISO 2006, 2007) verbindet.

Da bereits aus früheren Untersuchungen im Hopfenbau (BAUCHHENS und ROSSBAUER, 1988) bekannt ist, dass neben den Pflanzenschutzmaßnahmen auch die Bodenbearbeitung und Bodenbegrünung großen Einfluss auf Regenwürmer nehmen können, gilt es mit Hilfe einer geeigneten Auswahl von Vergleichsflächen zu klären, welchen Einfluss der Kupfergehalt im Boden unter realistischen Bedingungen im ökologischen Landbau auf die Regenwurmzönose hat und ob die vorliegenden Ableitungen kritischer Bodenkonzentrationen von Kupfer (BELOTTI, 1997; BELOTTI, 1998; JÄNSCH et al., 2007) allgemeingültigen Charakter haben oder abhängig von der Bewirtschaftungsweise zu betrachten sind.

## 2 Methoden

Das Vorhaben gliedert sich in drei Phasen

- Planungs- und Abstimmungsphase:  
Auswertung der vorhandenen Literaturstudien zur Belastungssituation durch Kupfer im Wein-, Obst- und Hopfenbau (JKI, 2009; JÄNSCH und RÖMBKE, 2009). Erarbeitung eines Identdatenblatts (Fragebogens) zur Bestandsaufnahme (z.B. Nutzungsvorgang der Flächen, Bewirtschaftung, Cu-Einträge als PSM, Düngemaßnahmen). Damit war es möglich, die Bewirtschaftungshistorie jeder Fläche mit den analysierten Kupfer-Belastungen zu verknüpfen.
- Vorauswahl der Beprobungsflächen/Erhebung der Belastungsverteilung/chemisches Monitoring:  
Repräsentative Erfassung der Belastungsverteilung der Höhe der Kupfergesamtgehalte in Hopfenböden anhand von Felderhebungen. Beprobungen von Hopfenlagen in Hopfenbaugebieten in Baden-Württemberg (Anbaugbiet Tettang), Bayern (Anbaugebiete Hallertau, Hersbruck, Spalt) und Sachsen-Anhalt/Sachsen (Anbaugbiet Elbe-Saale).
- Versuchsauswertung, Berichterstattung und Unterbreitung von Vorschlägen zur Auswahl der Beprobungsflächen für ein biologisches Monitoring.

Die für eine spätere Freilandhebung der Regenwurmzönose vorzuschlagenden Beprobungsflächen sollen das Spektrum unterschiedlicher Kupferbelastungssituationen in der Kultur Hopfen abbilden und der Erarbeitung aktueller Daten zu den Auswirkungen der Kupfergehalte in Böden im Hopfenbau auf das Bodenleben im Sinne des „Strategiepapiers zum Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Landbaus“ dienen. Darauf basierend werden Standorte unterschiedlicher Kupfergehalte vorgeschlagen, die unmittelbar neben den

ökologischen und/oder konventionell bewirtschafteten Prüfflächen je Standort auch passende positive und negative Referenzflächen besitzen.

### 2.1 Zusammenarbeit mit Betrieben

Die Planungs- und Abstimmungsphase einschließlich einer abgestimmten Identifizierung relevanter Schichtungskriterien für den Erhebungsplan und die Vorauswahl der Beprobungsflächen erfolgte unter Einbindung des Hopfenpflanzerverbandes Hallertau e.V. und dem Hopfenforschungszentrum der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

Die Fragebögen zur Bestandsaufnahme wurden gemeinsam mit den beteiligten Betrieben ausgefüllt.

### 2.2 Vorauswahl der Beprobungsflächen/Erhebung der Belastungsverteilung

Insgesamt wurden vier ökologisch bewirtschaftete und neun konventionell bewirtschaftete Hopfenlagen bestehend jeweils aus **Prüffläche**, **Referenzfläche** und **Kontrollfläche** zur Erfassung der Hintergrundbelastung von Kupfer je Standort beprobt. Der Einfluss von Kupferspritzungen bei *Pseudoperonospora*-Behandlungen auf die Cu-Bodengehalte am Hopfenstock und mittig in der Fahr-gasse wurde durch ausgewählte Einzelbeprobungen von Prüfflächen berücksichtigt.

**Dauerbeobachtungsflächen.** Von der LfL wurden dem JKI unterschiedliche Dauerbeobachtungsflächen für die Probenahme vermittelt (Tab. 1).

### Begriffsbestimmungen zu den einzelnen Prüfgliedern.

„**Prüffläche**“: Die Prüffläche ist eine seit längerem in Nutzung stehende Fläche (Abb. 1).

„**Referenzfläche**“ Eine aus der Bewirtschaftung genommene Fläche, auch als Hopfenbrache bezeichnet, ist die Referenzfläche oder auch positive Kontrolle (Abb. 2)

„**Kontrollfläche**“ Eine nach bestem Wissen niemals hopfenbaulich genutzte Fläche ist die Kontrollfläche (neg. Kontrolle).

Mit dem Begriff Hintergrundfläche sollte im Zusammenhang mit der Definition der Prüfglieder vorsichtig

**Tab. 1. Beprobte Hopfen-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern**

Anbaugbiet	Code	Prüffläche	Referenzfläche
Spalt	BY_09	x	x
Hallertau	BY_04	x	
	BY_05		x
	BY_07	x	
	BY_08		x
	BY_10		x

umgegangen werden, da vor den Cu-Gehaltsbestimmungen nicht bekannt ist, ob die Kontrollfläche überhaupt Gehalte aufweist, die im Bereich der Erwartungswerte möglicher geogener Hintergrundgehalte liegen. Kontrollflächen, deren Gehalte deutlich über dem Erwartungswert für die Hintergrundbelastung liegen, bleiben im Sinne der ersten Zuordnung zwar Kontrollflächen, scheiden aber als zukünftige Beprobungsflächen aus (Abb. 3).

### 2.3 Dokumentation der Beprobungsflächen

- Photographische Dokumentation, hochgenaue Einmessung von Beprobungspunkten im Gelände (GPS-Bemaßung) und Probenahme.
- Verknüpfung der analysierten Kupfer-Belastungen mit der Bewirtschaftungshistorie der Fläche über ein Datenblatt zur Bestandsaufnahme. Die Datenblätter mit den Angaben zur Bewirtschaftung, Flächennutzungsdauer, Flurgestaltung, und zu Kultur- und Pflanzenschutzmaßnahmen stellen neben den gewonnenen Analyse-daten eine wichtige Entscheidungshilfe für Vorschläge zur Auswahl geeigneter Monitoringflächen auf der Grundlage einer entwickelten ganzheitlichen Bewertungsmatrix dar.
- GIS-basierte räumliche Auswertung und Darstellung der Versuchsergebnisse inkl. Visualisierung beprobter Hopfenlagen.



a) Prüffläche, Hopfenbau seit 1985, 168 mg Cu/kg Boden

b) Prüffläche, Hopfenbau seit 1975, 209 mg Cu/kg Boden

c) Prüffläche, Hopfenbau seit 2009, 31 mg Cu/kg Boden

**Abb. 1.** Prüfflächen mit unterschiedlicher Nutzungsdauer in einer bayerischen Hopfenlage im Bereich Hallertau. Analyisierte Cu-Gesamtgehalte für den Bodenhorizont 0–20 cm als Mittelwert der Fläche



















