

Green Lab Guide

Improve your lab's ecological footprint



Green Lab Guide der TU Dresden

INHALT

VORBEMERKUNG	3
CHECKLISTE GREEN LAB.....	4
ABFALLMANAGEMENT	6
BESCHAFFUNG	7
ENERGIEVERBRAUCH	8
IT	9
GRÜNE CHEMIE	10
FORSCHUNGSMETHODIK UND DESIGN	11
INFORMATIONEN VERBREITEN	11
QUELLEN.....	13
ANHANG 1 – FARBKENNZEICHNUNG GEFÄHRLICHE ABFÄLLE	14
ANHANG 2 – DURCHFÜHRUNG EINES ABFALLAUDITS	21
ANHANG 3 – DURCHFÜHRUNG EINES ENERGIEAUDITS	23

VORBEMERKUNG

Labore sind sowohl für die Forschung als auch für die Ausbildung von essentieller Bedeutung, da sie der Dreh- und Angelpunkt für Innovationen und neue Erkenntnisse sind. In Bildungseinrichtungen können die Studierenden hier praktische Erfahrungen sammeln und theoretisches Wissen in realen Szenarien anwenden. Für Forschende sind Labore unerlässlich für die Durchführung von Experimenten, die Entwicklung neuer Technologien und die interdisziplinäre Weiterentwicklung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Darüber hinaus fördern sie eine gemeinsame Umgebung, in der Studierende, Lehrkräfte und Forschende zusammenarbeiten können.

Labore haben einen hohen Ressourcenbedarf. Ein Labor verbraucht im Vergleich zu Büroflächen etwa zehnmal mehr Energie und viermal mehr Wasser.¹ Eine Studie ergab, dass Labore im Jahr 2014 weltweit etwa 5,5 Millionen Tonnen Plastikmüll produzierten.² Ein Tiefkühlschrank, dessen Temperatur auf -80°C eingestellt ist, benötigt genauso viel Energie wie ein Einfamilienhaus. Dieser Ressourcenbedarf hat erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt.

Nachhaltigkeits- und Umweltfragen werden daher bei der Beantragung von Forschungsgeldern immer wichtiger. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) beispielsweise hat die Umweltauswirkungen akademischer Forschung anerkannt und Empfehlungen zu Nachhaltigkeit im Forschungsprozess herausgegeben. Antragsteller müssen im Rahmen des Prüfungsverfahrens eine Erklärung zur Nachhaltigkeit einreichen.

Dieser Leitfaden enthält praktische Anleitungen, mit denen Sie in Ihrem Labor und darüber hinaus umweltfreundlicher arbeiten können. Der Green Lab Guide enthält Informationen, Empfehlungen und eine Checkliste für die folgenden Schlüsselbereiche:

- Abfallmanagement
- Beschaffung
- Energieverbrauch
- IT
- Grüne Chemie
- Forschungsmethodik und -design
- Weitergabe von Informationen

Das Befolgen dieser Empfehlungen sollte den Energie- und Wasserverbrauch reduzieren, ohne dass dadurch die Qualität oder die Ergebnisse der Forschung beeinträchtigt werden. Da nicht alle Labore dieselben Materialien verwenden, sollten Sie die Empfehlungen dieses Leitfadens an Ihre spezifischen Gegebenheiten anpassen.

Der Green Lab Guide wird fortlaufend aktualisiert. Wir sind stets auf der Suche nach weiteren Themen und Best-Practice-Beispielen. Wenn Sie einen Beitrag hinzufügen möchten, wenden Sie sich bitte an umweltschutz@tu-dresden.de.

CHECKLISTE GREEN LAB

Abfallmanagement

- ☐ Überlegen Sie sich Strategien zur Reduzierung von Labormaterial.
- ☐ Verwenden Sie wiederverwendbare Materialien und minimieren Sie den Einsatz von Einwegkunststoffen.
- ☐ Prüfen Sie, ob Sie Abfallmengen an Chemikalien/gefährliche Abfälle durch Verringerung der eingesetzten Chemikalien verringern können.
- ☐ Verwenden Sie für Restmüll, Verpackungsabfälle und Papier/Pappe die dreiteiligen Behälter.
- ☐ Sammeln Sie Pipettenspitzenboxen separat und entsorgen Sie sie als Verpackungsabfall im „Grünen Punkt“.
- ☐ Trennen Sie gefährliche Abfälle, biologische Substanzen und genetisch veränderte Organismen mithilfe des farbcodierten Kennzeichnungs- und Behältersystems der TU Dresden (siehe Anlage 1 Farbcodierung).
- ☐ Nehmen Sie an Schulungen zur Abfallentsorgung teil, die vom Gefahrgutbeauftragten der TU Dresden angeboten werden.
- ☐ Führen Sie regelmäßig Abfallanalysen durch, um den Abfall zu kategorisieren, und überlegen Sie sich Strategien, wie der Großteil der Kunststoffe recycelt werden kann (siehe Anhang „Durchführung einer Abfallanalyse“).

Beschaffung

- ☐ Teilen Sie Geräte mit anderen Arbeitsgruppen oder leihen Sie sich Geräte aus.
- ☐ Optimieren Sie Bestellungen und vermeiden Sie zu hohe Bestellmengen, um die Lagerkapazitäten (Platzbedarf und Energieverbrauch) zu verringern. Bündeln Sie Bestellungen, um den Versand zu minimieren.
- ☐ Nutzen Sie GoeChem oder ein ähnliches System zur Nachverfolgung und Verwaltung von Chemikalienbeständen, um Überbestände zu minimieren.
- ☐ Führen Sie ein Inventarsystem zur Nachverfolgung von Labormaterialien ein.
- ☐ Führen Sie regelmäßige Lagerkontrollen durch, um abgelaufene oder nicht mehr benötigte Proben auszusortieren.
- ☐ Wählen Sie, hochwertige, langlebige Produkte (Garantiedauer, Reparaturfähigkeit) aus.

- ☐ Achten Sie beim Kauf neuer Geräte auf Zertifizierungen wie Blauer Engel, Energy Star, EU-Umweltzeichen oder ähnliches.
- ☐ Bevorzugen Sie Lieferanten, die Transportverpackungen minimieren oder ein Rücknahmesystem anbieten.
- ☐ Verwenden Sie kleinere Labormaterialien, z. B. kleinere Petrischalen, wenn dies für das Experiment möglich ist.
- ☐ Kaufen Sie Pipettenspitzen lose in größeren Mengen sowie Nachfüllboxen für diese und befüllen Sie die Pipettenspitzenboxen selbst, sollte es die Personalsituation zulassen.

Ausstattung und Infrastruktur

- ☐ Schalten Sie Geräte aus, wenn sie nicht in Gebrauch sind.
- ☐ Führen Sie regelmäßig Pipettenkalibrierungen durch, um genaue Messungen zu gewährleisten.
- ☐ Verwenden Sie das Buchungssystem, um die Nutzung gemeinsamer Geräte und Apparate im Institut zu koordinieren.
- ☐ Nutzen Sie das Dresden Technology Portal, um nach spezifischen Geräten, komplexen Systemen oder Dienstleistungsangeboten für Ihre Forschung zu suchen.

Großgeräte

- ☐ Schließen Sie Abzugshauben und biologische Sicherheitswerkbänke.
- ☐ Verwenden Sie Geräte gemäß der Bedienungsanleitung.
- ☐ Führen Sie regelmäßig die vorgesehenen Wartungsarbeiten an allen Geräten durch.
- ☐ Sterilisieren Sie nur notwendige Gegenstände im Autoklav und lassen Sie den Autoklav nicht halbleer laufen.

Kühlagerung

- ☐ Teilen Sie sich einen Gefrierschrank mit einem benachbarten Labor.
- ☐ Erhöhen Sie die Gefrierschranktemperatur von -80°C auf -70°C und von -20°C auf -18°C.
- ☐ Verwenden Sie ein Probenverwaltungssystem, um den Zeitaufwand für die Suche nach Proben zu reduzieren.
- ☐ Lagern Sie Verbrauchsmaterialien nach Möglichkeit bei Raumtemperatur.

- ☐ Tauen Sie Kühl- und Gefrierschränke regelmäßig ab und reinigen Sie diese.
- ☐ Halten Sie Gefrierschränke voll, Lücken können mit Eisbeuteln oder leeren Boxen gefüllt werden.

Beleuchtung

- ☐ Schalten Sie das Licht aus und nutzen Sie Tageslicht oder Arbeitsplatzbeleuchtung.
- ☐ Denken Sie daran, das Licht auszuschalten, wenn Sie den Raum verlassen.

IT

- ☐ Verwenden Sie Geräte so lange wie möglich und bitten Sie Ihren Administrator, sie nach Möglichkeit zu reparieren.
- ☐ Berücksichtigen Sie bei der Auswahl der Hardware die wichtigsten Parameter (Prozessor, Arbeitsspeicher und Laufzeit).
- ☐ Achten Sie bei Programmierungen von Software auf die Code-Effizienz.
- ☐ Aktivieren Sie den Ruhemodus oder die automatische Abschaltung auf allen Computern und Druckern.
- ☐ Vermeiden Sie Bildschirmschoner. Verwenden Sie für Bildschirme eine niedrige Helligkeitseinstellung.
- ☐ Suchen Sie im Internet mit Ecosia oder einer anderen ökologischen Suchmaschine.
- ☐ Führen Sie regelmäßig Datenbereinigungen durch, um Redundanzen zu erkennen.
- ☐ Verwenden Sie in E-Mails Links anstelle von Anhängen.
- ☐ Speichern Sie Daten in einer Cloud.

- ☐ Archivieren Sie Daten in einem Cold Storage (in Zusammenarbeit mit der IT-Abteilung).

Grüne Chemie

- ☐ Ersetzen Sie gefährliche Chemikalien oder giftige Substanzen durch sicherere, weniger gefährliche Materialien.
- ☐ Konzentrieren Sie sich auf die Entwicklung oder Verwendung von Chemikalien, die sich in ungiftige Substanzen zersetzen.
- ☐ Verwenden Sie Katalysatoren, um die Reaktionseffizienz zu verbessern und Abfall zu reduzieren.
- ☐ Verwenden Sie für eine verbesserte Spezifität natürliche Enzyme in biochemischen Prozessen.

Forschungsqualität

- ☐ Implementieren Sie Protokolle, die den Reagenzienverbrauch minimieren, und setzen Sie Mikrotechniken ein, um den Chemikalienverbrauch zu reduzieren (Miniaturisierung).
- ☐ Nutzen Sie frei zugängliche Protokollplattformen, um die Ausbildung zu verbessern und die Methodeneffizienz zu steigern.

Weitergabe von Informationen

- ☐ Motivieren Sie die Mitarbeitenden des Labors, neue Ideen für Nachhaltigkeitsmaßnahmen vorzuschlagen.
- ☐ Ernennen Sie eine:n Nachhaltigkeitsbeauftragte:n, um das Labor bei Besprechungen über die Nachhaltigkeitsinitiativen der TUD auf dem Laufenden zu halten.
- ☐ Bieten Sie regelmäßig Schulungen zu umweltfreundlichen Laborpraktiken an.

ABFALLMANAGEMENT

Ein effektives Abfallmanagement minimiert die Umweltbelastung, entlastet Deponien, fördert die Sicherheit des Laborpersonals und gewährleistet die Einhaltung von Vorschriften. Die ordnungsgemäße Trennung von kontaminierten und nicht kontaminierten Abfällen, die Vermeidung von Einwegkunststoffen und die Förderung der Wiederverwendung sind wichtige Strategien zur Abfallreduzierung und zur Einsparung von Energie und Ressourcen.

Abfall reduzieren

Zu den typischen Abfallquellen in Laboren zählen Einwegkunststoffe, hohe Mengen an Verpackungsabfällen und Papierverbrauch. Durch die Minimierung des Abfallaufkommens wird die Entstehung von Abfällen verhindert, anstatt diese nach der Produktion zu entsorgen. Um Abfall zu vermeiden, sollten Labore vorrangig Gläser und Glasbehälter anstelle von Kunststoffen verwenden. Nutzen Sie Verbrauchsmaterialien, die nur wenig Plastik enthalten. Regelmäßige Abfallanalysen (siehe Anhang „Durchführung einer Abfallanalyse“) in Laboren helfen dabei, die Art und Menge der anfallenden Abfälle zu ermitteln und Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Durch die Kategorisierung und Analyse von Abfällen können Labore Trends und Möglichkeiten zur Abfallreduzierung und für ein besseres Abfallmanagement erkennen.

Eine aktuelle Bestandsführung vermeidet unnötige Mehrkäufe und reduziert Abfall, da nur die tatsächlich benötigten Materialien gekauft und verwendet werden. Aktualisieren Sie Listen regelmäßig (Excel, LabUtils, GOECHEM), nutzen Sie digitale Tracking-Systeme zur Echtzeit-Bestandsüberwachung und führen Sie eine „First-in-First-out“-Richtlinie ein, um das Verfallen von Materialien und unnötige Entsorgung zu vermeiden.

Am CRTD wurde eine Plattform für den Austausch von Chemielaborgeräten eingerichtet, um die gemeinsame Nutzung von Ressourcen zu erleichtern und die Labornutzung zu optimieren.

Für die Ausstattung von Büroarbeitsplätzen stellt das Dezernat 1, Sachgebiet 1.2 (Zentrale Beschaffung) der TU Dresden nicht mehr benötigte Büromöbel zur Verfügung (siehe: <https://tu-dresden.de/tu-dresden/organisation/zentrale-universitaetsverwaltung/dezernat-1-finanzen-und-beschaffung/sachgebiet-1-2-zentrale-beschaffung/Aussonderung>).

Ungefährliche, gefährliche/medizinische und elektronische Abfälle

Die Abfallentsorgung an der TU Dresden erfolgt nach den Vorgaben des „Abfall-ABC“, wonach nicht gefährliche Abfälle in einem dreiteiligen Abfallsystem getrennt werden: „Bio- und Restmüll“, „Verpackungen aus Kunststoff und Alu“ (Grüner Punkt) sowie „Papier und Pappe“. Insbesondere Papier ist ein wichtiger Rohstoff, der sich gut recyceln lässt. (Abfall-ABC: <https://tu-dresden.de/intern/arbeitschutz-gesundheit-umwelt/umweltschutz-und-umweltmanagement/abfallmanagement/abfall-abc>)

Die sichere Entsorgung von gefährlichen Abfällen wie Chemikalien, genetisch veränderten Organismen und medizinischen Abfällen ist aufgrund der damit verbundenen erhöhten Kosten und Risiken für Gesundheit und Umwelt von entscheidender Bedeutung. Durch Sterilisation in einem Autoklav werden Mikroorganismen abgetötet und damit die mit gefährlichen Stoffen verbundenen Risiken minimiert. Die Sterilisation erfolgt durch den Einsatz von Dampf, Feuchtigkeit, Hitze (mindestens 121°C) und Druck (105 kPa für mindestens eine Stunde). Im Vergleich zur Verbrennung reduziert das Autoklavieren die Luftverschmutzung und ist effizienter.³ Für bestimmte Abfallarten ist das Autoklavieren vorgeschrieben.

Farbcodierte Kennzeichnungen helfen bei der Klassifizierung der verschiedenen Arten von gefährlichen Abfällen (siehe Anhang „Farbkennzeichnung für gefährliche Abfälle“). Chemikalien dürfen niemals im Abfluss entsorgt werden. Die ordnungsgemäße Entsorgung von Chemikalien erfordert die Verwendung von gekennzeichneten

Behältern (mit Angabe des Inhalts oder des früheren Inhalts). Aufgrund der hohen Kosten für die Entsorgung von gefährlichen Abfällen sollten ungefährliche Abfälle nicht mit gefährlichen Abfällen vermischt werden.

Der Gefahrgutbeauftragte der TU Dresden bietet individuelle Schulungen und Beratung an (umweltschutz@tu-dresden.de).

Alte Elektrogeräte müssen recycelt werden, da diese Geräte gefährliche Bestandteile wie Schwermetalle enthalten, die in den Boden und das Grundwasser eindringen können. An der TU Dresden werden alte Elektrogeräte nach vorheriger Anmeldung abgeholt ([Abgang von Vermögensgegenständen](#)). Anhand dieses Formulars wird entschieden, ob die Geräte weiterverwendet oder entsorgt werden. Die Entsorgung erfolgt durch die Gruppe Umweltschutz (umweltschutz@tu-dresden.de). Einige Geräte können wiederaufbereitet werden. Die Kabel sollten daher am Computer, Laptop oder Monitor verbleiben. Festplatten sollten gelöscht und entfernt werden, sofern dies ohne Zerstörung des Geräts möglich ist. Die Entsorgung und Aufarbeitung erfolgen innerhalb des Unternehmens. Es verfügt über eine Zertifizierung für die datenschutzkonforme Löschung von Daten.

BESCHAFFUNG

Eine nachhaltige Beschaffung wählt Produkte und Dienstleistungen anhand ökologischer Ziele aus. Bei der Entscheidung zwischen verschiedenen Produkten werden Unternehmen bevorzugt, die nachhaltig produzieren, lokale Unternehmen, um die CO₂-Emissionen durch den Transport zu reduzieren, sowie Produkte, die wenig Abfall verursachen oder aus recycelbaren Materialien bestehen. Pipettenspitzen können beispielsweise in Großpackungen bestellt und dann in Boxen umgefüllt werden.

Strategischer Einkauf

Ein sorgfältig geplanter Einkauf spart Geld und reduziert Abfall und Energieverbrauch. Fassen Sie mehrere Produkte eines Lieferanten zu einer Bestellung zusammen, um die Kosten und den ökologischen Fußabdruck durch den Versand zu reduzieren. Durch den gebündelten Kauf und Versand von Artikeln, die mit Trockeneis versandt werden, lassen sich erhebliche Einsparungen erzielen. Führen Sie Bestandslisten, um versehentliche Mehrfachkäufe zu vermeiden. Wenn Sie feststellen, dass Produkte abgelaufen sind, sollten Sie diese zukünftig in geringeren Mengen einkaufen. Produkte mit kürzerer Lebensdauer sind zwar zunächst vielleicht kostengünstiger, müssen aber schnell ersetzt werden. Dadurch steigen die Gesamtkosten und es entsteht zusätzlicher Abfall.

Zertifikate

Anhand von Energieeffizienzklassen und -kennzeichnungen können Sie beurteilen, ob ein Gerät umweltfreundlich ist. Die EU-Energieeffizienzklassen für Geräte werden mit den Buchstaben A bis G bewertet, wobei A die energieeffizienteste Klasse ist. Auch wenn die Reparatur alter Geräte Abfall reduziert, kann die Anschaffung neuer Geräte unter Umständen die Energiekosten erheblich senken.

Deutschland vergibt das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für besonders umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen. Das EU Ecolabel ist das entsprechende Umweltzeichen der Europäischen Union.

Sichere Beschaffung und Lagerung von Chemikalien

Chem 2.0, ein neues Projekt der TU Dresden, soll bis 2025 eine umfassende Softwarelösung für das Chemikalienmanagement (GoeChem) anbieten, deren Kernstück ein zentrales Gefahrstoffverzeichnis ist. Dieses System soll das Gefahrstoffverzeichnis der Universität vereinheitlichen, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften gewährleisten und gleichzeitig einen schnellen Überblick über die Mengen und Standorte von Chemikalien bieten. Das Programm automatisiert die Erstellung und Aktualisierung von Sicherheitsdatenblättern und macht diese für Mitarbeitende und Studierende leichter zugänglich. Darüber hinaus soll es die Erstellung von

Betriebsanleitungen, Risikobewertungen und Einkaufsprozessen erleichtern, indem es umfangreiche Informationen zu den Chemikalien und ihren Anwendungsgebieten bereitstellt. Zudem wird das Verzeichnis die Verwaltung des Chemikalienlagers, den Ressourcenschutz und die Nachverfolgung des Chemikalienverbrauchs optimieren und durch die Anbindung an elektronische Zeitschriften den Zugang zu aktuellen Forschungsdaten erleichtern.

ENERGIEVERBRAUCH

Labore verbrauchen durch die Lüftung und durch die Nutzung elektrischer Geräte drei- bis fünfmal mehr Energie als Büros. Daher ist es wichtig, den Energieverbrauch zu reduzieren und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umzusetzen. Durch die gezielte Identifikation von beispielsweise veralteten Geräten oder unnötigem Energieverbrauch außerhalb der Betriebszeiten, können Labore nicht nur Ressourcen schonen, sondern auch ihre Umweltbelastung verringern und Kosten senken.

Beleuchtung

Die Beleuchtung macht 15% des gesamten Stromverbrauchs im Labor aus.³ Das ist etwa doppelt so viel wie in Büroräumen. Nutzen Sie Tageslicht als primäre Lichtquelle und ergänzen Sie es durch elektrische Beleuchtung. Arbeitsplatzbeleuchtung ist so ausgelegt, dass sie bestimmte Arbeiten besonders effektiv ausleuchtet. Dies ist energieeffizienter als eine allgemeine Deckenbeleuchtung. Achten Sie darauf, das Licht auszuschalten, wenn Sie einen Bereich verlassen.

Abzugshauben und biologische Sicherheitswerkbänke

Abzugshauben und biologische Sicherheitswerkbänke benötigen für den Betrieb viel Energie. Ein einzige Abzugshaube verbraucht fast so viel Energie wie 3,5 Haushalte.⁴ Abzugshauben verwenden leistungsstarke Ventilatoren, um klimatisierte Luft von vorne in die Haube zu saugen und nach außen abzugeben. Halten Sie den Frontschieber der Haube geschlossen, es sei denn, Sie führen Versuche innerhalb der Sicherheitswerkbänke durch. Durch das Schließen des Frontschiebers wird die aus dem Raum angesaugte Luftmenge reduziert und das Laborpersonal vor Chemikalien und gefährlichen Stoffen im Abzug geschützt. Allerdings sollte Energieeinsparung nicht auf Kosten der Sicherheit gehen.

Kühlagerung

Ultratiefkühlschränke arbeiten normalerweise bei -40°C oder -80°C und verursachen damit den größten Energieverbrauch in einem Labor⁵. Diese Gefrierschränke, insbesondere ältere Modelle, verbrauchen etwa 25-30 kWh Energie pro Tag. Eine Änderung von -80°C auf -70°C senkt den Stromverbrauch um 30%³. Diese Änderung hat in der Regel keinen Einfluss auf die Qualität oder die Lebensfähigkeit biologischer Proben.

Um den Bedarf an weiteren Gefrierschränken zu reduzieren, sollten Sie regelmäßig die gelagerten Materialien überprüfen und nicht mehr benötigte Reagenzien oder Proben aussortieren. Beachten Sie jedoch, dass ein voller Gefrierschrank effizienter arbeitet als ein fast leerer. Durch Ordnung im Gefrierschrank wird die Zeit reduziert, in der die Tür offensteht.

Eisbildung schränkt den Platz im Gefrierschrank ein und beeinträchtigt dessen Effizienz. Außerdem führt Staubansammlung an den Spiralen der äußeren Rückwand dazu, dass der Gefrierschrank mehr Leistung aufbringen muss, um eine stabile Temperatur zu halten. Regelmäßige Reinigung der Spiralen und Abtauen des Gefrierschranks verbessern die Energieeffizienz und verlängern gleichzeitig die Lebensdauer des Geräts.

Sonstige elektrische Geräte

Die Verwendung von Geräten wie Öfen, Heizblöcken und Zentrifugen erfordert das Erreichen einer bestimmten Temperatur, die oft innerhalb von 20 bis 40 Minuten erreicht werden kann. Die Aufrechterhaltung dieser

Temperatur verbraucht jedoch eine erhebliche Menge an Energie. Schalten Sie die Geräte erst ein, wenn Sie sie benutzen wollen.

Durch das Ausschalten der Geräte bei Nichtgebrauch kann eine Person in der Forschung bis zu 10 kWh/Tag einsparen⁵. Alternativ können Sie einen energiesparenden Standby-Modus verwenden, wenn die Geräte nicht in Gebrauch sind.

Effizienz von Autoklaven

Die gängigste, zuverlässigste und kostengünstigste Methode zum Sterilisieren ist die Verwendung von Dampf oder Druck. Allerdings ist das Autoklavieren sehr energie- und wasserintensiv.⁶ Prüfen Sie sorgfältig, ob ein bestimmter Gegenstand autoklaviert werden muss. Führen Sie einen Zyklus nur durch, wenn das Gerät voll ist.

IT

Computersimulationen und mathematische Modelle können bestimmte Experimente ersetzen und so den Materialverbrauch reduzieren. Allerdings trägt die Nutzung von IT zum CO₂-Fußabdruck bei.^{7,8} Schätzungen zufolge war der IT-Sektor im Jahr 2020 für etwa 2 bis 6% der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich, und Prognosen zufolge wird dieser Anteil bis 2030 auf 20% ansteigen.⁹ Weitere negative Auswirkungen auf die Umwelt ergeben sich aus der Herstellung und Entsorgung von Computerhardware.⁹

Auswahl der Hardware

Berücksichtigen Sie bei der Auswahl der Hardware inkl. Prozessor, Speicherkapazität und Laufzeit, welche Anforderungen die damit auszuführenden Aufgaben stellen. Die verfügbaren Prozessoren und Speicher können auf den meisten Plattformen für High-Performance Computing (HPC) geändert werden.

Der Energiebedarf hängt weitgehend von der Speicherverfügbarkeit und weniger von der Speicherauslastung ab⁹. Durch Parallelisierung oder Umstellung von Zentralprozessoren (CPUs) auf Grafikprozessoren (GPUs) kann die Prozessoreffizienz gesteigert und die Laufzeit minimiert werden, wodurch der Energieverbrauch sinkt.

Kaufen Sie generalüberholte Produkte

Refurbished-Produkte sind gebrauchte Artikel, die repariert, getestet und als wie neu funktionstüchtig zertifiziert wurden und zu einem erheblich reduzierten Preis angeboten werden. Die Entscheidung für generalüberholte Elektronik reduziert unmittelbar den Elektronikschrott. Darüber hinaus werden Energie und Rohstoffe eingespart, die für die Herstellung eines neuen Geräts benötigt worden wären. Plattformen für den Kauf generalüberholter Elektronik sind unter anderem:

- refurbished: www.refurbed.de
- AfB Onlineshop: www.afbshop.de
- Back Market: www.backmarket.de

Einstellungen für PCs und Drucker

Computer und Drucker lassen sich üblicherweise in den Ruhezustand versetzen und die Geräte verfügen über Energiespareinstellungen. Der Ruhezustand wird aktiviert, wenn ein Gerät für einen bestimmten Zeitraum nicht genutzt wird. Der Energieverbrauch im Ruhezustand ist geringer als wenn es ungenutzt weiterläuft. Der geringe zusätzliche Stromverbrauch beim Hochfahren aus dem Ruhezustand wird durch die Energieeinsparung während dieses Zeitraums mehr als ausgeglichen.

Auch im ausgeschalteten Zustand verbrauchen einige Geräte weiterhin eine geringe Menge Strom. Am besten vermeiden Sie dies, indem Sie die Geräte an eine Steckdosenleiste mit Schalter anschließen, diese ausschalten und so den Stromfluss vollständig unterbrechen.

Wahl der Software

Die Verwendung energieeffizienter und optimierter Software für die jeweilige Aufgabe ist eine einfache Möglichkeit, die Umweltbelastung Ihrer Forschung zu reduzieren. Optimierte Programme sind kleiner, benötigen weniger Arbeitsspeicher und haben eine kürzere Ausführungszeit.¹¹ Eine verbesserte Softwareeffizienz führt jedoch nicht immer zu einer Verkürzung der Rechenzeit und kann einen Austausch der Hardware erforderlich machen.^{10, 11} Weitere Informationen finden Sie im „Leitfaden zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung von Software“ des Umweltbundesamtes https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/leitfaden_beschaffung_soft_ware_barrierefrei_0.pdf.

Datenspeicherung

Die korrekte Speicherung von Daten minimiert den Energieverbrauch und verhindert, dass Experimente doppelt durchgeführt werden. Darüber hinaus verlangen die DFG und die TUD, dass Forschungsdaten mindestens zehn Jahre lang gespeichert werden. Wenn Sie Ihre Daten digital speichern, sichern oder archivieren möchten – das Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH) der TU Dresden bietet allen Mitgliedern der TU Dresden Netzlaufwerke oder Speicherdienste sowie einen zentralen Datenspeicher. Kapazitätsbeschränkungen und redundante Systeme werden entsprechend den Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen der Nutzenden bereitgestellt. Weitere Informationen dazu finden Sie hier: <https://tu-dresden.de/zih/dienste/service-katalog/arbeitsumgebung/datenspeicher>.

GRÜNE CHEMIE

Grüne Chemie ist eine innovative Methode zur Herstellung chemischer Produkte und Verfahren, bei der die Entstehung und Verwendung schädlicher Verbindungen minimiert oder ganz vermieden wird. Ziel ist es, sowohl die Sicherheit für diejenigen, die die Materialien verwenden, als auch für die Ökosysteme zu erhöhen. Grüne Chemie kann zu einer Reduzierung von Abfällen und einer verbesserten Versuchseffizienz führen.

Nachhaltige Chemie

Die nachhaltige Chemie konzentriert sich auf die Entwicklung chemischer Produkte und Verfahren, die durch die Verwendung erneuerbarer Ressourcen und die Steigerung der Energieeffizienz eine geringe Umweltbelastung haben. Dabei wird angestrebt, Lösungen zu entwickeln, die während ihrer gesamten Lebensdauer sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch nachhaltig sind. Beispielsweise können Lösungsmittel aus nachhaltigen Ressourcen, wie pflanzliche Lösungsmittel wie z.B. Bioethanol, Ethyllactat oder Cyrene™, petrochemische Verbindungen ersetzen. Weitere Informationen finden Sie unter:

https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/campaigns/sustainable-chemistry?srsId=AfmBOors4rgk4RThEsSgkx1wDM8tZiFGcxYIRG6M9TR7B51Smr_kj5Zq

Sicherere Chemikalien und Verfahren

Sicherere Chemikalien und Verfahren zielen darauf ab, gefährliche Verbindungen durch sicherere Alternativen zu ersetzen und so die Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu verringern. Reinigungsmittel ohne gefährliche Chemikalien wie Ammoniak oder Chlor stellen ein geringeres Gesundheitsrisiko dar. Die Entwicklung bleifreier Lötmaterialien für Elektronikprodukte vermeidet die Toxizität und die Gesundheitsrisiken, die mit der Arbeit mit Blei einhergehen.

Minimierung gefährlicher Abfälle

Die Reduzierung gefährlicher Abfälle in Laboren ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung für die Sicherheit und den Umweltschutz. Ersetzen Sie gefährliche Stoffe nach Möglichkeit durch weniger gefährliche, verwenden Sie nur minimale Mengen und lagern Sie Chemikalien ordnungsgemäß. Durch den Einsatz miniaturisierter Techniken kann das Abfallaufkommen drastisch reduziert werden, wodurch die Entsorgungskosten gesenkt, die Laborsicherheit verbessert und der Bedarf an aufwendigen Entsorgungsverfahren und Autoklavieren verringert werden, was wiederum den damit verbundenen Energieverbrauch sowie die Kosten senkt.

Katalyse vs. stöchiometrische Reaktionen

Bevorzugen Sie katalytische Prozesse, bei denen zur Steigerung der Reaktionseffizienz Katalysatoren eingesetzt werden und die Abfallmenge reduziert wird, gegenüber stöchiometrischen Reaktionen, bei denen die Reaktionspartner in exakten Verhältnissen verwendet werden und Nebenprodukte entstehen, die entsorgt werden müssen. Katalytische Prozesse unter Verwendung natürlicher Enzyme werden in biochemischen Prozessen eingesetzt, um eine hohe Spezifität und Effizienz bei gleichzeitig weniger Abfallprodukten als bei herkömmlichen chemischen Reaktionen zu erzielen.

FORSCHUNGSMETHODIK UND DESIGN

Die Art und Weise, wie wir forschen, unsere Daten verwalten und Methoden anwenden, beeinflusst die effiziente Nutzung von Ressourcen. Eine Forschungsgruppe kann dies in ihren Forschungsansatz einbeziehen und Ideen zur Optimierung von Methoden in diesem Bereich entwickeln.

Open-Access-Daten und Protokollplattformen

Veröffentlichte, vertrauenswürdige Daten können als Grundlage dienen, anstatt reproduziert oder repliziert zu werden. Das Erlernen einer im Labor nicht etablierten Technik oder die Optimierung eines neuen Kits kann zu ersten Durchläufen führen, die Material und Zeit verschwenden und nicht zur Datengenerierung führen. Webseiten wie Protocols.io oder github bieten Forschenden die Möglichkeit, präzise und von Fachkolleg:innen geprüfte Methoden auszutauschen und so Verschwendung zu vermeiden.

Miniaturisierung

Wenn Sie chemische Reaktionen oder Bioassays durchführen, können Sie durch kleiner angelegte Pilotstudien die Menge der verwendeten Materialien reduzieren. Beispielsweise reduzieren PCR-Protokolle in geringeren Mengen den Bedarf an DNA-Proben und Reagenzien. Algorithmen können als Leitfaden für die zur statistischen Signifikanz erforderliche Mindestprobengröße dienen. Die DFG fordert Forschende dazu auf, den Umfang des Experiments oder Feldversuchs an den zur Beantwortung der Fragestellung erforderlichen Umfang anzupassen oder ganz oder teilweise durch eine Simulation zu ersetzen.

INFORMATIONEN VERBREITEN

Es ist wichtig, sich über Nachhaltigkeitsmaßnahmen auf dem Laufenden zu halten. Zu diesem Zweck sollte jedes Labor eine Nachhaltigkeitsperson benennen, die sich über Entwicklungen, insbesondere aus der TUD, auf dem Laufenden hält und diese zwecks Umsetzung an ihr Team weitergibt.

Die TUD ist bestrebt, globale Umweltprobleme durch nachhaltige Maßnahmen anzugehen. Die Universität hat sich zum Ziel gesetzt, in Bezug auf effiziente Ressourcennutzung, Umweltschutz und verantwortungsbewusstes Handeln eine Vorreiterrolle einzunehmen.

Es ist wichtig, sich über Nachhaltigkeitsmaßnahmen auf dem Laufenden zu halten. Zu diesem Zweck sollte jedes Labor eine Nachhaltigkeitsperson benennen, die sich über Entwicklungen, insbesondere aus der TUD, auf dem Laufenden hält und diese zwecks Umsetzung an ihr Team weitergibt.

Die TUD ist bestrebt, globale Umweltprobleme durch nachhaltige Maßnahmen anzugehen. Die Universität hat sich zum Ziel gesetzt, in Bezug auf effiziente Ressourcennutzung, Umweltschutz und verantwortungsbewusstes Handeln eine Vorreiterrolle einzunehmen.

Strategie: Die TUD hat eine umfassende Nachhaltigkeitsstrategie in sechs Handlungsfeldern erarbeitet: Governance, Campus und Betrieb, Forschung, Lehre, Digitalisierung sowie Dialog und Transfer. Die Strategie zielt darauf ab, bis 2035 Klimaneutralität zu erreichen, den Ressourcenverbrauch zu minimieren und eine nachhaltige Entwicklung zu fördern.

Forschung und Lehre: Die Universität führt Forschung zu Umwelt- und Klimafragen durch und unterstützt einen nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel. Die TUD integriert Nachhaltigkeit in ihre Lehrpläne, um den Studierenden das notwendige Wissen und die Fähigkeiten für verantwortungsbewusstes Handeln zu vermitteln.

Campus und Betrieb: Die TUD arbeitet durch die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen, die Reduzierung von Abfall und die Förderung nachhaltiger Verkehrsmittel auf einen grünen Campus hin. Die Universität legt außerdem Wert darauf, Gebäude nach Nachhaltigkeitsstandards zu bauen und zu renovieren.

Herausforderungen und Chancen: Der Betrieb von Laboren ist mit einem hohen Ressourcenverbrauch verbunden, und die TUD reagiert darauf durch Initiativen wie den Green Lab Guide. Die Universität erkennt die Bedeutung der Digitalisierung an, möchte jedoch sicherstellen, dass diese ökologisch nachhaltig und fair erfolgt.

Zusammenarbeit und Engagement: Die TUD legt großen Wert auf die Zusammenarbeit zwischen Studierenden, Mitarbeitenden und der Gesellschaft, um ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Die Universität beteiligt sich aktiv an der öffentlichen Debatte über nachhaltige Entwicklung und versucht, Einfluss auf politische Entscheidungsträger zu nehmen.

Es gibt viele Möglichkeiten, wie Sie mit minimalem Aufwand die Nachhaltigkeit in Ihrem Arbeitsalltag verbessern können. Im Intranet der TUD finden Sie Tipps zum Energiesparen, zu nachhaltiger Mobilität, zum Ausleihen von Lastenfahrrädern, zum umweltfreundlichen Einkaufen und zur nachhaltigen Planung von Veranstaltungen und Besprechungen: <https://intranet.tu-dresden.de/x/YIXNIQ>

QUELLEN

1. About. My Green Lab <https://www.mygreenlab.org/about.html>.
2. Urbina, M. A., Watts, A. J. R. & Reardon, E. E. Labs should cut plastic waste too. *Nature* 528, 479–479 (2015).
3. Top 9 Actions To Take in the Lab to Improve Energy Efficiency. My Green Lab <http://www.mygreenlab.org/2/post/2021/01/top-9-actions-to-take-in-the-lab-to-improve-energy-efficiency.html>.
4. Wesolowski, D. et al. The use of feedback in lab energy conservation: fume hoods at MIT. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 11, 227–235 (2010).
5. Ultra-Low Temperature Freezers: Opening the Door to Energy Savings in Laboratories | ETCC. <https://www.etcc-ca.com/reports/ultra-low-temperature-freezers-opening-door-energy-savings-laboratories>.
6. Autoclave Energy Consumption & Autoclave Water Requirements. Priorclave - International (en) <https://www.priorclave.com/en/why-priorclave/autoclave-energy-water-consumption/>.
7. Dry Lab - SELs Network. <https://sels-network.org/index.php/sels-resources/dry-lab/> (2022).
8. Dry – Green Labs – NL. <https://www.greenlabs-nl.eu/dry/>.
9. Lannelongue, L., Grealey, J., Bateman, A. & Inouye, M. Ten simple rules to make your computing more environmentally sustainable. *PLOS Computational Biology* 17, e1009324 (2021).
11. Gotarane, P. & Pundkar, S. Smart Coding using New Code Optimization Techniques in Java to Reduce Runtime Overhead of Java Compiler. *International Journal of Computer Applications* 125, 11–16 (2015)

ANHANG 1 – FARBKENNZEICHNUNG GEFÄHRLICHE ABFÄLLE

Farbcodiertes Kennzeichnungssystem zur Klassifizierung gefährlicher Abfälle

(Basierend auf einer Präsentation der TUD-Gruppe Umweltschutz; umweltschutz@tu-dresden.de)

Gelb / Orange	Feste Abfälle, Verpackungen
	Kontaminierter Glasabfall jeglicher Art z.B. entleerte Glasgebinde mit gefährlichen Anhaftungen
	Verpackungen die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind z.B. entleerte Fässer und Kanister aus Kunststoff mit gefährlichen Anhaftungen entleerte Fässer und Kanister aus Metall mit gefährlichen Anhaftungen
	Aufsaug- und Filtermaterial Chemikalien-behaftete verunreinigte Handschuhe, Pipettenspitzen, Objektträger, Schläuche, Kunststoffteile, Putzlappen, Papiertücher, Chemikalienbinder, Filtrationshilfsmittel bzw. Aufsaugmassen auf anorganischer und organischer Basis wie z.B. Aktivkohle, Silicagel, Kieselgel, Kieselgur und ethidiumbromidhaltige Gele

Grün	Lösungsmittel
 UN 1993 Abfall "entzündbarer flüssiger Stoff, N.A.G. (C₂H₅O, C₂H₅N)", 3, II, (D/E) Waste "Flammable Liquid, N.A.G. (C₂H₅O, C₂H₅N)", 3, II, (D/E) AVV: 07 07 04 H225 Highly flammable liquid and vapour. H301 + H331 * Toxic if swallowed, in contact with skin or if inhaled. H400 Very toxic to aquatic life.	Organische halogenfreie Lösungsmittel, wie Ethanol, Xylol, Toluol und deren Gemische sowie halogenfreie Lösungsmittelgemische mit niedrigem Wassergehalt < 10%. Abfall darf keine radioaktive Belastung aufweisen. Der Annahmegrenzwert des Entsorgers liegt bei 300 nSv/h (!).
 UN 1992 Abfall "entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, N.A.G. (CH₃OH, CH₂Cl₂)", 3 (6.1), II, (D/E) Waste "Flammable Liquid, Toxic, N.A.G. (CH₃OH, CH₂Cl₂)", 3 (6.1), II, (D/E) AVV: 07 07 03 H225 Highly flammable liquid and vapour. H301 + H331 * Toxic if swallowed, in contact with skin or if inhaled. H400 Very toxic to aquatic life.	Organische halogenhaltige Lösungsmittel und halogenhaltige Lösungsmittel wie Chloroform, Dichlormethan, Methanol, Phenol, Tetrachlorkohlenstoff und deren Gemische. Abfall darf keine radioaktive Belastung aufweisen. Der Annahmegrenzwert des Entsorgers liegt bei 300 nSv/h (!).

Violett	Lacke und Farben; Klebstoffe
 UN 1263 Abfall "Farbe oder Farbzubehörstoffe" (Dampfdruck: 50 °C, >110 bis 175 kPa), 3, II, (D/E) Waste "Colour and Colour Additives" (Vapour Pressure: 50 °C, >110 to 175 kPa), 3, II, (D/E) AVV: 08 01 11 H225 Highly flammable liquid and vapour. H228 Flammable solid. H400 Very toxic to aquatic life.	Farb- und Lackabfälle, die organische Lösungsmittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten, nicht ausgehärtete Altfarben, Altlacke und Klebstoffe sind gefährlicher Abfall Vollständig ausgehärtete Farb- und Lackreste bitte in den Restabfall.
 UN 1133 Abfall "Klebstoffe mit entzündbarem flüssigem Stoff", 3, II, (D/E) (Dampfdruck: 50 °C, max. 110kPa) Waste: "Adhesives with Flammable Liquid Substance", 3, II, (D/E) (Vapour Pressure: 50 °C, max. 110 kPa) AVV: 08 04 09 H225 Highly flammable liquid and vapour. H228 Flammable solid. H400 Very toxic to aquatic life.	Klebstoff- und Dichtmassenabfälle, die organische Lösungsmittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten

Braun	Organische / anorganische Stoffe (fest und flüssig)
	Gebrauchte organische Chemikalien, die aus gefährlichen Stoffen bestehen oder solche enthalten alle festen organischen Laborchemikalien im Originalgebinde, die nicht mehr benötigt werden
	Gebrauchte organische Chemikalien, die aus gefährlichen Stoffen bestehen oder solche enthalten alle flüssigen organischen Laborchemikalien im Originalgebinde, die nicht mehr benötigt werden
	Gebrauchte anorganische Chemikalien, die aus gefährlichen Stoffen bestehen oder solche enthalten (Natriumhydroxid-, Kaliumhydroxidlösung) alle festen anorganischen Laborchemikalien im Originalgebinde, die nicht mehr benötigt werden
	Gebrauchte anorganische Chemikalien, die aus gefährlichen Stoffen bestehen oder solche enthalten (Natriumhydroxid-, Kaliumhydroxidlösung) alle flüssigen anorganischen Laborchemikalien im Originalgebinde, die nicht mehr benötigt werden

Rosa	Organische / anorganische Säuren
	Wässrige organische Lösungen sauer, z.B. mit Wasser (H₂O) > 10 % vermischte Kohlensäure: H₂CO₃ (Lebensmittelindustrie, Technik, Atmosphäre), Essigsäure: CH₃COOH (Lebensmittelindustrie)
	Giftige anorganische Lösungen sauer, z.B. mit Wasser(H₂O) > 10 % vermischte Schwefelsäure: H₂SO₄ (industrielle Verwendung, Saurer Regen), Salzsäure: HCl (industrielle Verwendung), Kieselsäure: H₄SiO₄ Phosphorsäure: H₃PO₄ (Lebensmittelindustrie, unter anderem Cola, DNA), Flusssäure: HF (Computerchipherstellung) Salpetersäure: HNO₃ (industrielle Verwendung)
Rot	Andere Säuren und Pestizide
	Pestizide Pflanzenschutzmittel (PSM), Produkte zur Bekämpfung von Schädlingen (wie Ratten, Insekten, Pilze, Mikroben), also beispielsweise Rattengifte oder Holzschutzmittel
	Andere Säuren (Säuren und Säuregemische ohne Wasseranteil ph 1-5)

Dunkelrot	Quecksilberverbindungen
	Quecksilberverbindung, flüssig (Thermometer, Versuchsinstrumente mit Quecksilber)
Blau	Basische Lösungen, andere Basen
	Wässrige organische Lösungen basisch z.B. (CaCO_3 , CaO und Ca(OH)_2), Natron, Soda, Pottasche und Ammoniak) verfallene Desinfektionsmittelkonzentrate (Lösungsmittelhaltig)
	Andere Basen (Laugen und Laugengemische ohne Wasseranteil pH-Wert 8-14)

Grau	Spitze und scharfe Gegenstände, Schmiermittel
	Spitze oder scharfe Gegenstände mit Ausnahme derjenigen, die unter AVV 18 01 03 fallen Abfälle wie Kanülen, Skalpelle und Gegenstände mit ähnlichem Risiko für Schnitt- oder Stichverletzungen
	Bearbeitungsemulsion, halogenfrei Kühlschmieremulsion, Kühlschmiermittel oder Kühlschmierstoffe (KSS), Bohrmilch oder Schleifmilch
Blaugrau, Dunkelgrau	Feste umweltgefährdende Stoffe
	Abfälle von Chemikalien für die Landwirtschaft, die gefährliche Stoffe enthalten (z.B. ausländische Bodenproben und Pflanzenschutzmittel, Klärschlammproben etc.)
	Asbesthaltiger Baustoffabfall

Weiß	ADR ¹ -frei
	Frostschutzmittel
	Gefährlicher Elektroschrott (z.B. Kühlgeräte, Computer, Bildschirme)

Kennzeichnungssystem



- **UN-Nummer:** Eine eindeutige Kennzeichnung, die von den Vereinten Nationen für gefährliche Stoffe oder Gegenstände während des Transports vergeben wird.
- **UN number:** A unique identifier assigned by the United Nations for hazardous substances or articles during transport.

- **H-Sätze:** Standardisierte Gefahrenhinweise gemäß EU-GHS-Verordnung für Stoffe und Gemische.
- **HS:** Standardized hazard statements according to the EU GHS Regulation for substances and mixtures.

- **AVV (Abfallverzeichnis):** Klassifizierung und Regelung der Entsorgung von Abfällen in Deutschland.
- **AVV (Waste Catalogue):** Classification and regulation of waste disposal in Germany.

¹ Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße

ANHANG 2 – DURCHFÜHRUNG EINES ABFALLAUDITS

Eine Abfallanalyse in einem Labor ist unerlässlich, um das Abfallmanagement zu optimieren, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften zu gewährleisten und die Nachhaltigkeit zu fördern. Durch die Ermittlung von Abfallarten und Ineffizienzen können Labore Abfall reduzieren, Entsorgungskosten senken und die Sicherheit verbessern. Abfallanalysen unterstützen durch Recycling und Ressourcenschonung auch Umweltziele und verbessern gleichzeitig das Image in der Öffentlichkeit, indem sie das Engagement für verantwortungsbewusstes Handeln deutlich machen. Kurz gesagt: Abfallanalysen sind für Labore, die ihre Abläufe verbessern, Kosten sparen und Umwelt- und Sicherheitsstandards einhalten wollen, unverzichtbar.

Vorgehensweise:	Details
Schritt 1: Vorbereitung	
Team zusammenstellen	Stellen Sie ein Team aus Studierenden oder Laborpersonal zusammen, das die Analyse durchführen wird. Je nach Größe des Labors und Umfang der Analyse können Sie ein oder mehrere Teams bilden.
Analysetermin festlegen	Wählen Sie einen geeigneten Termin für die Durchführung der Abfallanalyse, der sich mit dem regulären Laborbetrieb vereinbaren lässt. Vermeiden Sie es, die Analyse an Tagen anzusetzen, an denen im Labor besondere Experimente oder Veranstaltungen geplant sind.
Benötigte Materialien	Stellen Sie sicher, dass Sie alle erforderlichen Behältnisse und Materialien bereit haben, wie z.B.: Transparente Müllsäcke oder Behälter zur Mülltrennung Etiketten und Stifte zum Beschriften der Abfallbehälter Persönliche Schutzausrüstung wie Laborkittel, Handschuhe und gegebenenfalls Schutzbrillen Listen mit detaillierten Angaben zu den verschiedenen zu bewertenden Abfallströmen und Formulare zur Datenerfassung.
Schritt 2: Identifizierung und Trennung	
Abfallströme identifizieren	Erfassen und identifizieren Sie alle im Labor anfallenden Abfallarten, wie z.B. gefährliche Chemikalien, biologische Materialien, Verpackungen, Glas, Kunststoff, Papier und ungefährliche Abfälle.
Abfalltrennung und Bereitstellung von Behältern	Stellen Sie durchsichtige Müllsäcke oder Behälter an strategisch günstigen Stellen im Labor bereit, um die verschiedenen Abfallströme zu sammeln. Diese Behälter sollten eindeutig beschriftet sein, damit klar erkennbar ist, welche Abfallarten in welchen Behälter gehören, um somit eine einfache und korrekte Entsorgung zu erleichtern.
Schritt 3: Mengenermittlung	
Abfälle sammeln	Sammeln Sie während der Abfallanalyse die Abfälle in den dafür vorgesehenen Behältern und achten Sie dabei auf eine korrekte Sortierung der Materialien in die richtigen Behälter.
Daten erfassen	Verwenden Sie eine Tabelle oder ein Erfassungssystem, um die für jeden Abfallstrom gewonnenen Daten zu dokumentieren. Notieren Sie das Datum, die Art des Abfalls, den Ort und weitere Details in

	einer Checkliste, um eine genaue Dokumentation inklusive eventueller Anmerkungen zu erstellen.
Schritt 4: Analyse	
Analysieren Sie die Zusammensetzung des Abfalls	Werten Sie die gesammelten Daten aus, um die Arten und Anteile der anfallenden Abfälle zu ermitteln, und legen Sie dabei besonderen Wert auf Möglichkeiten zur Abfallreduzierung und zum Recycling.
Aktuellen Stand bewerten	Bewerten Sie das gegenwärtige Abfallmanagement, wie z.B. Abfalltrennung, -lagerung, -handhabung und -entsorgung, um Verbesserungsmöglichkeiten zu ermitteln. Prüfen Sie darüber hinaus die Art und Weise der Beschaffung, um sicherzustellen, dass Materialien und Chemikalien so bezogen werden, dass möglichst wenig Abfall entsteht, z.B. durch den Einkauf angemessener Mengen, die Auswahl von Produkten mit weniger Verpackung und die Auswahl von Lieferanten, die nachhaltige Alternativen anbieten.
Schritt 5: Verbesserungsmöglichkeiten	
Verbesserungsmöglichkeiten ermitteln	Leiten Sie aus den Ergebnissen der Abfallanalyse konkrete Möglichkeiten zur Abfallreduzierung, zum Recycling, zur Wiederverwendung, zur Beschaffung und zur Prozessoptimierung ab.
Ergebnisse kommunizieren	Informieren Sie das Laborpersonal über die Ergebnisse der Abfallanalyse. Zeigen Sie Bereiche auf, in denen Verbesserungen erforderlich sind, und schlagen Sie Maßnahmen zur Abfallreduzierung und -trennung vor.
Aktionsplan entwickeln	Formulieren Sie einen Aktionsplan, in dem Sie Schritte, Verantwortlichkeiten und Zeitpläne für die Umsetzung der empfohlenen Verbesserungen festlegen und priorisieren Sie dabei die Initiativen nach ihrer Machbarkeit und ihren Auswirkungen.
Schritt 6: Umsetzung	
Änderungen umsetzen	Setzen Sie den Aktionsplan um, stellen Sie Ressourcen bereit und beziehen Sie die Beteiligten ein, um die während der Analyse identifizierten Initiativen zur Abfallreduzierung und zum Recycling umzusetzen.
Fortschritte verfolgen	Halten Sie die Fortschritte bei der Erreichung der Ziele zur Abfallreduzierung fest, überprüfen Sie regelmäßig die Leistungskennzahlen und passen Sie die Strategien bei Bedarf an, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen.
Schritt 7: Evaluierung	
Wirksamkeit prüfen	Prüfen Sie regelmäßig die Wirksamkeit der umgesetzten Initiativen hinsichtlich der Reduzierung des Abfallaufkommens, der Verbesserung des Abfallmanagements und der Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele. Wählen Sie Lieferanten, die umweltfreundliche Alternativen anbieten, wie z.B. biobasierte Produkte, die nachhaltig und besser für die Umwelt sind.
Kontinuierlich verbessern	Wiederholen Sie die Abfallanalyse und berücksichtigen Sie dabei die gewonnenen Erkenntnisse und Rückmeldungen, um das Abfallmanagement kontinuierlich zu verbessern und im Labor eine Kultur der Nachhaltigkeit zu fördern.

ANHANG 3 – DURCHFÜHRUNG EINES ENERGIEAUDITS

Die Durchführung einer Energieanalyse in einem Labor ist für die Optimierung der Energieeffizienz, die Senkung der Kosten, die Verbesserung der Sicherheit und die Förderung der Nachhaltigkeit unerlässlich. Durch die Identifizierung von Ineffizienzen wie veralteten Geräten oder unnötigem Verbrauch außerhalb der Nutzungszeiten können Labore Ressourcen schonen, ihren ökologischen Fußabdruck minimieren und die Betriebskosten senken. Darüber hinaus wird durch die Beseitigung von Risiken durch ineffiziente Systeme die Sicherheit des Personals erhöht. Die Priorisierung des Energiemanagements optimiert nicht nur die Abläufe, sondern stärkt auch den Ruf eines Labors als umweltbewusstes und verantwortungsvolles Unternehmen.

Vorgehensweise	Details
Schritt 1: Vorbereitung	
Team zusammenstellen	Stellen Sie ein Team aus Studierenden oder Laborpersonal zusammen, das die Analyse durchführen wird. Je nach Größe des Labors und Umfang der Analyse können Sie ein oder mehrere Teams bilden.
Analysetermin festlegen	Legen Sie den Umfang der Analyse fest, z.B. bestimmte Laborbereiche oder Gerätetypen, um mit dem Aufwand einen optimalen Effekt zu erzielen. Wählen Sie einen geeigneten Termin für die Durchführung der Energieanalyse, der sich mit dem regulären Laborbetrieb vereinbaren lässt. Vermeiden Sie es, die Analyse an Tagen anzusetzen, an denen im Labor besondere Experimente oder Veranstaltungen geplant sind.
Benötigte Materialien	Stellen Sie sicher, dass Sie alle erforderlichen Geräte und Materialien bereit haben, wie z.B.: Stromverbrauchsmesser (Optional) Smartphone, um das Messgerät mit der App zu verbinden und die Ergebnisse zu speichern. Stellen Sie sicher, dass diese jederzeit im Labor verbleiben kann Persönliche Schutzausrüstung wie Laborkittel, Handschuhe und gegebenenfalls Schutzbrillen Listen mit detaillierten Angaben zu den verschiedenen Geräten und Formulare zur Datenerfassung
Schritt 2: Analysephase	
Primäre Datenerfassung	Dokumentieren Sie, wie und wann die Geräte normalerweise verwendet werden, und achten Sie dabei besonders auf Spitzenauslastungszeiten und Geräte, die außerhalb der Betriebszeiten laufen. Sie können eine Liste erstellen, in der das Laborpersonal eintragen kann, wann es die gemessenen Geräte verwendet.

Für ausgewählte „Stromfresser“ detaillierte Versuche durchführen	Führen Sie Tests oder Experimente durch, indem Sie den Stromverbrauch (z.B. kWh, Watt, CO₂-Emission) verschiedener Geräte über einen bestimmten Zeitraum, in der Regel die für einen Standardversuch im Labor erforderliche Dauer, überwachen. Die Experimente werden unter drei verschiedenen Bedingungen durchgeführt: wenn das Gerät ausgeschaltet ist, im Standby-Modus und während des Betriebs. Zur Messung des Energieverbrauchs können Sie den Energiezähler der TUD-Gruppe Umweltschutz (umweltschutz@tu-dresden.de) ausleihen.
Schritt 3: Analysen	
Energieverbrauch analysieren	Werten Sie die gesammelten Daten aus, um die Art und den Energieverbrauch zu ermitteln, und achten Sie dabei besonders auf Möglichkeiten zur Verbrauchsreduzierung und Effizienzsteigerung. Dies kann die Bewertung der Effizienz der Geräte durch Nachschlagen der Energieeffizienzklassen (sofern verfügbar) für jedes Gerät und deren Vergleich mit modernen Standards beinhalten.
Aktuellen Stand bewerten	Bewerten Sie das gegenwärtige Energiemanagement, einschließlich der Betriebs- und Wartungsabläufe der Systeme, der Nutzungsmuster und der Effizienzmaßnahmen. Ermitteln Sie anhand der gesammelten Daten, welche Geräte mehr Energie als nötig verbrauchen. Dies kann auf Ineffizienz, mangelhafte Wartung oder veraltete Technologie zurückzuführen sein.
Beschaffungsstrategien überprüfen (optional)	Stellen Sie sicher, dass Geräte und Material so beschafft werden, dass sie zur Energieeffizienz beitragen, z.B. durch den Kauf energieeffizienter Produkte, die Auswahl von Produkten mit geringerem Energieverbrauch und die Auswahl von Lieferanten, die Wert auf Nachhaltigkeit legen. Vergleichen Sie den Energieverbrauch der Laborgeräte mit Branchenstandards oder ähnlichen Labors, um herauszufinden, wo Verbesserungen möglich sind.
Schritt 4: Chancen und Verbesserungen	
Potenziale erkennen	Ermitteln Sie auf der Grundlage der Ergebnisse der Energieanalyse konkrete Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs, zur Verbesserung der Effizienz und zur Optimierung der Prozesse. Berücksichtigen Sie dabei die Modernisierung von Geräten, Energiesparmaßnahmen und effizientere Arbeitsabläufe.
Ergebnisse kommunizieren	Informieren Sie das betreffende Personal über die Ergebnisse der Energieanalyse. Weisen Sie insbesondere auf Bereiche hin, in denen der Energieverbrauch verbessert werden kann, und

	schlagen Sie konkrete Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz und Senkung des Verbrauchs vor.
Aktionsplan entwickeln	Erstellen Sie einen Aktionsplan, der die Schritte, Verantwortlichkeiten und Zeitpläne für die Umsetzung der empfohlenen Verbesserungen festlegt. Priorisieren Sie dabei die Initiativen nach ihrer Machbarkeit und potenziellen Auswirkungen, um ein effektives und effizientes Energiemanagement sicherzustellen.
Schritt 5: Umsetzung	
Änderungen umsetzen	Führen Sie den Aktionsplan durch, indem Sie Ressourcen zuweisen und wichtige Akteure einbeziehen, um die in der Analyse identifizierten Energiesparmaßnahmen umzusetzen. Stellen Sie sicher, dass alle geplanten Verbesserungen effektiv umgesetzt werden.
Fortschritte verfolgen	Halten Sie die Fortschritte bei der Erreichung der Energieeffizienzziele fest, indem Sie regelmäßig die Leistungskennzahlen überprüfen. Passen Sie die Strategien nach Bedarf an, so dass Sie die gewünschten Ergebnisse tatsächlich erzielen, und optimieren Sie sie fortlaufend, um die Ergebnisse weiter zu verbessern.
Schritt 6: Evaluierung	
Wirksamkeit prüfen	Prüfen Sie regelmäßig die Wirksamkeit der umgesetzten Energiesparmaßnahmen hinsichtlich der Senkung des Verbrauchs, der Verbesserung der Effizienz und des Erreichens der Nachhaltigkeitsziele. Wählen Sie Geräte und Lieferanten, die energieeffiziente und umweltfreundliche Alternativen anbieten, um die Umwelt noch besser zu schonen.
Kontinuierlich verbessern	Optimieren Sie die Energieanalyse durch Einbeziehung der gewonnenen Erkenntnisse und Rückmeldungen. Verbessern Sie das Energiemanagement kontinuierlich und fördern Sie eine Kultur der Nachhaltigkeit im Labor, so dass eine kontinuierliche Optimierung und Anpassung an neue Technologien und Methoden sichergestellt ist.