

**João Paulo Fernandes**

## **Herausforderungen in der Ingenieurbiologie - vom Ingenieurbauwesen zum Ingenieurbau- und planungswissen**

**Zur Ehre von Professor Wolfram Pflug,  
der mir Ingenieurbiologie gelehrt und beigebracht hat**

### **1 - Zurück zum Grundbegriff**

*"Indes besteht ein beträchtlicher Teil des Waldes als Gesamtbegriff, seiner ober- wie unterirdische Teile, mit aus größten wie kleinsten Würzelchen und Wurzeln bis zu den feinsten spinnennetzdünnen Geweben und Einzelfaser. Diese leben - wie die oberirdischen im Medium der Atmosphäre - in einem Medium, das wir im gewöhnlichen Leben unter dem Gesamtbegriff "Boden" zusammenfassen. (...) Aber auch rein mechanisch wird der ganze Bewuchs erzeugende Bodenraum verändert; durch Auflockerung des Bodenraumes, des Ober- und Unterbodens, des Untergrundes bis in der bedeutenden Tiefen. (...) Das ganze Wurzelwerk des unterirdischen Bestandes trug zur Bildung eines "Fachwerkgebäudes" aus mineralischen und organischen Baumaterial bei. Wände und Hohlräume entstanden, Zellen, Gänge aller Größen. **Die stoßende, wühlende, schiebende, drängende, bohrende und feilende Arbeit der größten bis feinsten Wurzeln in ihrem ganzen Umfange zu erfassen, ist nur möglich, wenn man Tausende von diesbezüglichen Untersuchungen bis in großen Tiefen des Gesamtbodenraumes anstellt, ja selber geschichtetes Gestein, sei es einheitlich oder in mehr oder weniger ausgesprochener Quaderlagerung vorhanden, selbst in ihren Fugen und Fugenwänden untersucht.** (...) Der unterirdische Wald erobert den Boden als erweiterten Gesamtbegriff."*

Arthur von Kruedener, 1950

Dieses lange Zitat, das man komplett im Jahrbuch 2 (1985) der Gesellschaft für Ingenieurbiologie nachlesen kann, stellt ganz deutlich die technischen und wissenschaftlichen Herausforderungen dar, die aber noch die Entwicklung der Ingenieurbiologie als eine Disziplin des Ingenieurwesens sehen.

In den fast 75 Jahren, in denen man von der Ingenieurbiologie als ein Begriff des Bauingenieurwesens sprach, entwickelten sich die Erfolge, die Anwendungsbereiche sowie die Vielfalt von Bauweisen, Baumaterialien und Baupraxis deutlich weiter. Gleichzeitig hat sich die Forschung im Bereich der Ingenieurbiologie entwickelt und umfasst eine Breite in der Wissenschaft mit sehr unterschiedlichen Fächern, die für die Ingenieurbiologie wichtige und innovative Beiträge gebracht haben.

#### **1.1 - Jedoch...**

Jedoch muss man sich fragen ob viele Bauwerke als "ingenieurbiologisch" bezeichnet werden können, wenn man die Definition der Europäischen Föderation für Ingenieurbiologie von 2012 (EFIB) zugrunde legt:

„Ingenieurbiologie ist eine technisch – biologische Disziplin, welche mithilfe von Pflanzen und Pflanzenbestände zur Sicherung von Nutzungen und Bauwerken sowie zur Landschaftsentwicklung beiträgt.

Kennzeichen dabei ist, dass Pflanzen und Pflanzenteile als lebende Baustoffe so eingesetzt werden, dass sie im Laufe ihrer Entwicklung im Zusammenhang mit Boden und Gestein einen wesentlichen Beitrag zur dauerhaften Sicherung gegen alle Formen der Erosion leisten. In der Anfangsphase ist häufig eine Verbindung mit unbelebten Baustoffen notwendig, die in einzelnen Fällen den Hauptanteil an tragenden Funktionen übernehmen können.“

im Vergleich zu der, die A. von Kruedener 1950 geprägt hat:

"Ein biologisch ausgerichtetes Ingenieurwesen, das beim Bauen nicht nur technische Sachverhalte, sondern auch biologische Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten berücksichtigt und das auch Pflanzenteile und Pflanzen als lebenden Baustoffe verwendet."

Ein Beispiel dafür sind bepflanzte Gabionen. In keinem Fall wird die Vegetation die erforderliche technische Tragwirkung erfüllen und ihre Entwicklung kann, inklusive der inneren Spannungen in der Gabionenfüllung, die Stabilität des Drahtkastens in Frage stellen. Deswegen führt, meiner Meinung nach, die Entwicklung vieler Bauweisen und die Kombination mit neuen Baumaterialien und -strukturen zu einem Zustand, an dem die Hilfsmaterialien oder Hilfsstrukturen, die nur bis zur vollen Entwicklung der Pflanzenbestände und der Erfüllung ihrer technischen Leistungen dienen sollten, eine viel zu große Bedeutung bekommen haben gegenüber den Pflanzenbeständen und ihren technischen Leistungen als Kernziel vieler ingenieurbiologischer Eingriffe.

Dies ist nicht besonders negativ, wenn man immer das Hauptziel der Ingenieurbiologie in Blick hat, nämlich ist die Nutzung von Pflanzen und Pflanzenbeständen generell und die Erfüllung der technischen Anforderungen durch sie selbst.

Aber, in zu vielen Fällen ist genau das Gegenteil der Fall. Beispielsweise wird in den Kapiteln "Pflege" und "Erfolgskontrolle" der bereits obengenannten EFIB - Richtlinien (2012) kaum die Pflege, Sanierung und Reparatur der toten Bauweisen und Strukturen angesprochen, damit viele dieser Strukturen unbedingt langfristig funktionell bleiben.

Diese Probleme zu überdenken, scheinen mir eines der wichtigsten Herausforderungen der Ingenieurbiologie.

## **1.2 - Berechenbarkeit und Erfolgskontrolle**

Die Berechenbarkeit von ingenieurbio-logischen Projekten ist ein kritisches Problem wegen der Unfähigkeit, die Entwicklung von Pflanzen und besonders von Wurzeln genau vorherzusagen, und dies hauptsächlich wegen ihrer Abhängigkeit von Böden, Klima und allen anderen möglichen Standortfaktoren.

Jedoch, muss dies nicht bedeuten, dass alles unberechenbar ist, beispielsweise ist die Stabilität und Tragfähigkeit einer Krainerwand leicht berechenbar. Die Einwirkung der Vegetation auf diese Stabilität und Tragbarkeit ist auch berechenbar; mit allen Grenzen der Unvorhersehbarkeit der Pflanzenentwicklung.

Und hier liegen zwei weitere Herausforderungen der Ingenieurbio-logie:

1. Eine durchgehende Erfassung der Scherfestigkeit von Wurzeln verschiedener Arten bei unterschiedlichen Boden-, Gesteins- und Klimabedingungen.
2. Entwicklung von Erfolgskontrollverfahren für die Auswertung der Leistung der Wurzelstruktur von Pflanzenbeständen nach dem Zerfall von Totstrukturen kombinierter Bauweisen (wie Krainerwände), sowie Entwicklung von angepassten neuen Bauweisen, die fähig sind diesen identifizierten Leistungsmängeln zu reparieren.

### **1.3 - Vegetation, extreme Standorte und Sukzession**

Die Ingenieurbio-logie hat heutzutage ständig Renaturierungsprojekte und Projekte zur ökologischen Wiederherstellung von Ökosystemen als Aufgabenstellung. Gleichzeitig wird mehr und mehr die Notwendigkeit der Erhöhung der ökologischen Diversität und Funktionalität einer Baustelle und der benachbarten Gebiete deutlich.

Jedoch ist in belasteten und degradierten Gebieten, an extremen Standorten und auch in vielen anderen Ökosystemen, wie zum Beispiel den mediterranen, die Diversität und Verfügbarkeit von Pflanzenmaterial, das den Zielen und der Bautechnik der Ingenieurbio-logie angepasst ist, sehr beschränkt. Dies führt in vielen Fällen durch negative Interaktionen im Rahmen von Sukzessionsprozessen sogar zu einer Verschlechterung der Situation.

Deswegen muss man sich stark überlegen, ob es ausreichend ist, nur die reinen pflanzensoziologischen Kenntnisse des Standortes für die Planung und Verwirklichung eines ingenieurbio-logischen Projektes heranzuziehen oder ob nicht die Erforschung und die Kenntnisse von positiven und negativen Interaktionen von verschiedenen Arten in jeder Sukzessionsstufe notwendig sind, um eine erfolgreiche Entwicklung zu erreichen. Nur so können Fälle negativer Interaktionen in Pionierphase zwischen zwei Arten ausgeschlossen werden, die sich später in der Sukzession ungünstig auswirken und dadurch die ingenieurbio-logische Entwicklung aufs Spiel setzen.

Besonders wichtig ist auch das Kenntnis über Samen und andere vegetative Pflanzenteile sowie ihre Verbreitungs- und Ansiedlungsprozesse, um die erfolgreiche

Etablierung und Erhöhung der natürlichen Vegetationsvielfalt zu sichern und um die ingenieurbioökologische Entwicklung und Wirkung im Rahmen von Planungsprozessen sicher zu stellen.

Schließlich sollte der Forschung von nicht standortgeeigneten Arten und eventuell nicht autochthone Arten die die einzigen die extreme Standorten und Ökosystemen als Pioniernarten eine besondere Achtung besiedeln können und der geforderte Standortbedingungen (Bodenbiologische, biochemische und strukturelle, Mikroklimatische, u.s.w.) für den Einsiedlung Heimische standortgeeignete Arten und die natürliche Sukzession triggern bis zu eine Phase wo diese fremde Arten entfernt werden können, bilden können.

Dies ist ein besonderes neues Arbeitsgebiet: die sogenannte "novel ecosystems" (Hobbs, et al., 2006) oder "neu entstehende (hervortretende?) Ökosysteme" das sind neue Ökosysteme, die nicht den "pflanzensoziologischen Regeln" des Standortes entsprechen, weil sie teilweise aus fremden Arten konstituiert werden. Was wichtig ist an diesem neuen Konzept, ist die Tatsache, dass diese neuen Typen vom Ökosystemen dieselbe ökologische Funktionen und Dienste erfüllen und man sie deswegen in stark belasteten Gebieten in Betracht ziehen muss, insbesondere wenn standortgemäße Ökosysteme zu lang in ihrer Entwicklung brauchen, zu kostenaufwendig sind oder gar nicht wieder herzustellen.

Dies alles sind schwierige Herausforderungen, die in vielen Fällen einige Grundwerte der Ingenieurbioökologie in Frage stellen können. Sie sind nur durch eine enge Zusammenarbeit mit Fächern wie Vegetationsökologie und Ökologische Restaurierung sowie Naturschutz erreichbar und erfordern besondere Anstrengungen bei der Erforschung der Strategien und Vegetationsprozesse von Pflanzen.

## **2 – Über die Dimensionen der Ingenieurbioökologie nachdenken**

Wie vorher betont, muss die Ingenieurbioökologie primär auf die Pflanzen in allen ihren Dimensionen ausgerichtet sein:

- Dies bedeutet, dass Pflanzen, Pflanzengesellschaften und alle damit verknüpften ökologischen Strukturen, Prozesse und Faktoren gleichzeitig als Ziel und Instrument der Ingenieurbioökologie betrachtet werden müssen.
- Dies bedeutet, dass die Ingenieurbioökologie entsprechend ihre konzeptionellen und praktischen Arbeitsweisen darlegen muss.
- Dies bedeutet, dass diese Arbeitsweisen systematisch und gewissenhaft vorgenommen werden müssen.

Dies bedeutet darüber hinaus, sich mit der Dimension des Bodens sowohl der biologischen Komponenten mit Mykorrhizen, Pilzen, Actinomyzeten, Algen und anderen Mikroorganismen und Tieren, als auch der biochemischen, strukturellen und

physikochemischen und ihren Interaktionen mit der "oberirdischen" Vegetation und dem Wurzelbereich systematisch und interdisziplinär zu befassen. Solche interdisziplinären Kenntnisse sind für einen zunehmenden Erfolg ingenieurbioologischer Arbeiten und der Akzeptanz ingenieurbioologischen Wissens und Wesens durch andere naturwissenschaftliche und technische Gebiete erforderlich.

Aber nicht nur die Dimensionen der Böden - vom Mikromaßstab bis zur vollräumlichen Dimension betrachtet - stellt die Ingenieurbiologie vor neue und spannende Herausforderungen. Auch die Dimension der Einzugsgebiete, der von Feuer oder anderen Katastrophen zerstörten Gebiete sowie die ökologische Restauration, die Prävention und Wiedergutmachung von Störungen und anderer Schäden sowie Regulationen im Wasserhaushalt, Mikroklima und bei biogeochemischen Raumprozessen sind Dimensionen, für die die Ingenieurbiologie neue Methoden und Arbeitsweisen in enger Zusammenarbeit mit anderen Fachgebieten entwickeln muss. Dies wird schon in den EFIB-Richtlinien deutlich ausgedrückt - aber es erfordert noch weitere konzeptionelle Arbeit, um diese "Weltanschauung" der Ingenieurbiologie zu verbreiten.

Desweiteren muss noch eine andere Dimension angesprochen werden. Die zeitliche Dimension mit ihren ganzen kurz- und langfristigen dynamischen Sukzessionsprozessen und ihrer Lenkung, insbesondere an extremen Standorten Räumen.

Die konzeptionelle und "philosophische" Dimension ist von besonderer Bedeutung. Sie betrifft die richtige Identifizierung und Kenntnis der Zielgesellschaften sowie der ökologischen Verhältnisse und ihre ökologische Integration in die besonderen Raumbedingungen (Nutzflächen) und die notwendige Anpassung an Sukzessionsmodellen und die Entwicklungsperspektiven. Hier kommt wieder die Frage auf, ob es sinnvoll ist, nur natürliche Pflanzengesellschaften als Ziel zu betrachten oder ob es auch andere Typen von Pflanzengesellschaften sein können, in vielen Fällen mit nicht autochthonen Arten, die aber besser die ingenieurbioologischen Funktionen ausfüllen und zu mindestens mittelfristig als Zielgesellschaft eingenommen werden können (sollen)?

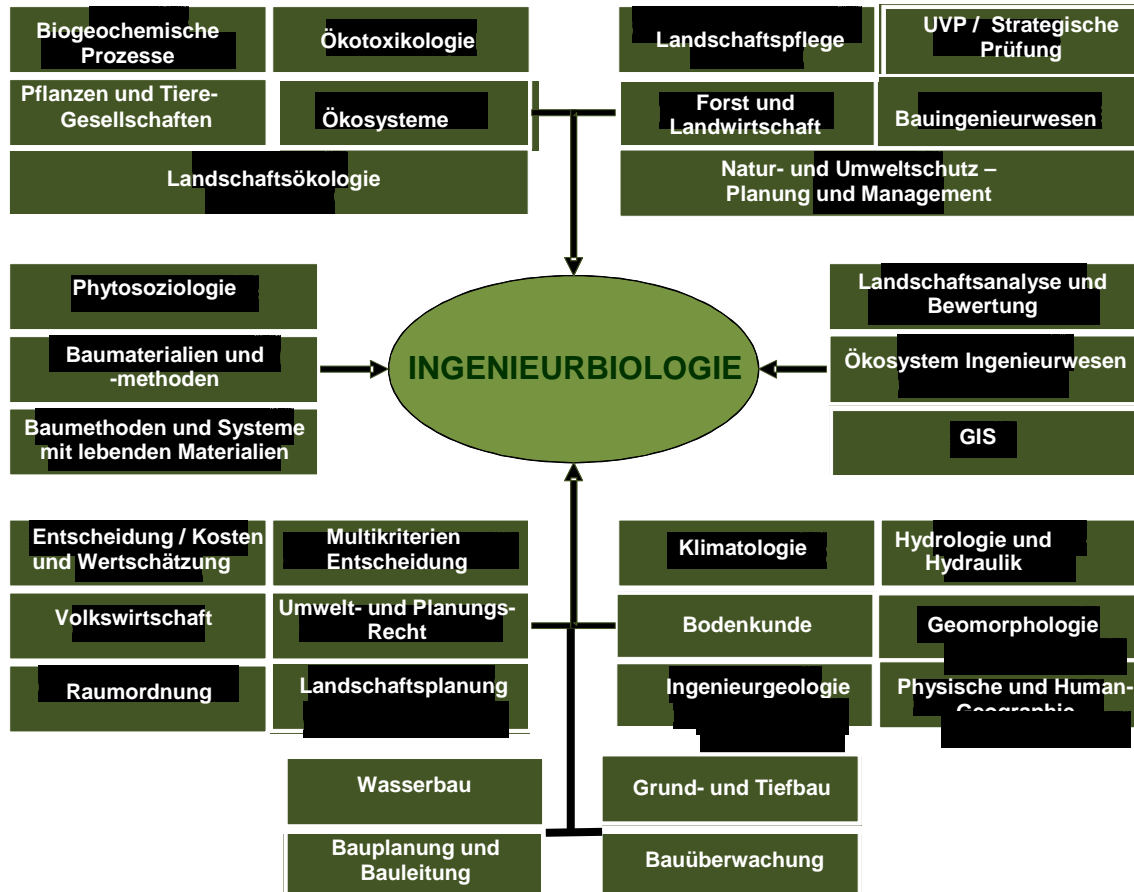
Deswegen kann man von zwei besonders herausfordernden Zielen und Aufgaben der Ingenieurbiologie sprechen:

1. Die Entwicklung der Ingenieurbiologie vom "Komfortraum", in dem traditionelle Arbeitsdimensionen und Arbeitsweisen im gemäßigten Klimabereich mit einem hohen Pflanzenansiedlungspotenzial und einer sehr hohen Vielfalt von vegetativ ansiedelbaren Pflanzenarten vorhanden ist, hin zu Lösungsansätzen unter extremen ökologischen Bedingungen und in breiteren räumlichen Dimensionen, wo die Verfügbarkeit von geeignete Pflanzenarten sehr begrenzt ist und wo der Erfolg von Ansaaten und Pflanzungen recht unvorhersehbar ist. Die Tendenz geht

dort zu kombinierte Bauweisen, wo die Pflanzen kaum eine tragende Funktion erfüllen - unabhängig von der entsprechenden Sukzessionsstufe - und nur als "Ergänzung" und nicht als "Kern"element der ingenieurbioologischen Arbeiten betrachtet werden.

- Die Anschauung zu übernehmen, dass die Ingenieurbioologie heutzutage, gleichzeitig als Kern ein sehr breiten und vielfältige Zahl von technische und wissenschaftliches Bereiche und Disziplinen ist (vgl. Abbildung), aber dass sie auch ihre besonderen und eigenen Beitrag zu diese technische und kenntnisse Bereiche einbringen muss.

Dies bedeutet für alle an der Ingenieurbioologie Beteiligten und insbesondere die Europäische Föderation für Ingenieurbioologie (EFIB) und alle nationalen oder Fachgesellschaften eine besondere Herausforderung mehr interdisziplinär zu arbeiten sowie breiter und dynamischer Beziehungen zu Universitäten, Forschungsanstalten, Unternehmen, Praktikanten und allen Interessierten zu entwickeln. Das ökologische Fachwissen ist im Augenblick in einer starken Wachstumskrise, die aber neue Konzepte, Paradigmen und Perspektiven hervorrufen wird. Also muss auch die Ingenieurbioologie darauf achten, damit diese neuen Kenntnisse und Perspektiven konstruktiv nutzt und den Erfolg ihrer Interventionen deutlich verbessert.



Ingenieurbioologie im Dreh- und Angelpunkt entscheidender Fachgebiete und -kenntnisse

### **3 - Schlussworte**

Vieles was hier geschrieben wurde, steht schon deutlich in den EFIB-Richtlinien (2012). Jedoch, stärker darüber nachzudenken und neue Anschauungen zu entwickeln, scheint mir in dem Augenblick besonders wichtig, in dem diese Richtlinien der Fachwelt präsentiert werden und die Ingenieurbiologie sich um breitere Beachtung bemüht.

### **Literatur**

Arthur von Kruedener (1950): Ingenieurbiologie....

Hobbs, R.J.; Arico, S.; Aronson, J.; Baron, J.S.; Bridgewater, P.; Cramer, V. A.; Epstein, P.R.; Ewel, P.R.; Ewel, J.J.; Klink, C.A.; Lugo, A.E.; Norton, D.; Ojima, D.; Richardson, D.M.; Sanderson, E.W.; Valladares, F.; Villá, M.; Zamora, R.; Zobel, M., (2006). Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global ecology and Biogeography*, 15, pp 1-7

Jahrbuch 2 (1985) der Gesellschaft für Ingenieurbiologie....

Richtlinien für Ingenieurbiologie der Europäischen Föderation für Ingenieurbiologie (EFIB) (2012): Entwurf veröffentlicht 2011 in den Mitteilungen 34 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie. Aachen, inzwischen verabschiedet 2012 und übersetzt in englisch, französisch, portugiesisch und spanisch.